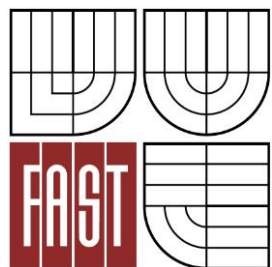




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV GEODÉZIE

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF GEODESY

URČENÍ PROSTOROVÝCH VZTAHŮ JEŘÁBOVÉ DRÁHY

DEFORMATION SURVEYING OF CRANE TRACK

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. LENKA ŠEVČÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. ALEXEJ VITULA

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3646 Geodézie a kartografie
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3646T003 Geodézie a kartografie
Pracoviště	Ústav geodézie

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant	Bc. LENKA ŠEVČÍKOVÁ
Název	Určení prostorových vztahů jeřábové dráhy
Vedoucí diplomové práce	Ing. Alexej Vitula
Datum zadání diplomové práce	30. 11. 2012
Datum odevzdání diplomové práce	24. 5. 2013
V Brně dne 30. 11. 2012	

.....
doc. Ing. Josef Weigel, CSc.
Vedoucí ústavu

.....
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

Podklady a literatura

Hampachr M. a kol.: Zpracování a analýza měření v inženýrské geodézii. CTN 2011

Bohm, J. a kol.: Teorie chyb a vyrovnávací počet, GKP 1990

Michalčák, O. a kol.: Inžinierská geodézia I. ALFA 1985

Michalčák, O. a kol.: Inžinierská geodézia II. ALFA 1990

MN pro určování prostorových vztahů jeřábových drah.

ČSN 73 5130. Jeřábové dráhy.

ČSN 73 2611. Úchyly rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí.

Zásady pro vypracování

Studiem odborné literatury zjistěte používané metody určení prostorových vztahů jeřábových drah. Na základě rozborů přesnosti porovnejte vhodnost různých metod zaměření skutečného stavu s ohledem na podmínky z hlediska přesnosti, náročnosti a bezpečnosti práce. Teoretické poznatky ověřte praktickým měřením vybraných jeřábových drah. Jako závazné podklady použijte dochovanou dokumentaci skutečného provedení stavby a dokumentaci předchozích geodetických měření drah. Navrhněte technologický postup měření vhodný pro daný objekt v souladu s požadavky stávajících předpisů a normativů.

Předepsané přílohy

.....
Ing. Alexej Vitula
Vedoucí diplomové práce

Abstrakt

Diplomová práca sa zaoberá tematikou určovania priestorových vzťahov žeriavových dráh a spracovaním nameraných údajov. Pred samotným meraním boli zistené presnosti použitého meračského vybavenia pre zvýšenie presnosti výsledkov určenia priestorových vzťahov. Bola určená cyklická chyba, súčtová konštanta a rozdiel medzi odrazným terčom a hranolom pre meranie vzdialeností. V rámci diplomovej práce sme zisťovali priestorové parametre žeriavovej dráhy v hale Mostárna, ktorá je súčasťou podniku KRÁLOVOPOLSKÁ a.s..

Klíčová slova

žeriavová dráha, žeriav, priestorové vzťahy, vodorovné úchyly, výškové úchyly

Abstract

This thesis examines the topic of determining spatial relations between crane tracks and the processing of measured data. Before the measurements were made, the precision of the measuring equipment being used was determined in order to increase the accuracy of the results in ascertaining spatial relations. The cyclic error, additive constant, and difference between the reflecting target and prism were all determined in measuring distances. In the context of this thesis we observed the spatial parameters of crane tracks in the hall of Mostarna, which is a part of the business KRALOVOPOLSKA a.s..

Keywords

crane track, crane, spatial relations, horizontal divergences, vertical divergences

Bibliografická citace VŠKP

ŠEVČÍKOVÁ, Lenka. *Určení prostorových vztahů jeřábové dráhy*. Brno, 2013. 63 s., 10 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce Ing. Alexej Vitula.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 23.5.2013

.....
podpis autora
Lenka Ševčíková

Poděkování:

Ďakujem svojmu vedúcemu diplomovej práce Ing. Alexejovi Vitulovi za odborné vedenie a poskytnutie cenných rád a informácii ohľadom problematiky žeriavových dráh.

Obsah

1	ÚVOD DO PROBLEMATIKY URČOVANIA PRIESTOROVÝCH VZŤAHOV ŽERIAVOVEJ DRÁHY.....	9
2	ZÁKLADNÉ TERMÍNY A DEFINÍCIE.....	10
3	ROZDELENIE ŽERIAVOV.....	12
4	ZÁVAZNÉ USTANOVENIA PRE URČOVANIE PRIESTOROVÝCH VZŤAHOV ŽERIAVOVÝCH DRÁH.....	15
4.1	Bezpečnosť pri práci.....	16
4.2	Tolerancie.....	17
4.3	Meranie úchyliet.....	19
4.4	Havárie žeriavov spôsobené veľkými úchytkami od projektovaných parametrov.....	19
4.5	Rektifikácia žeriavových dráh.....	20
5	POPIS ŽERIAVOVEJ DRÁHY MOSTÁRNA.....	22
5.1	História.....	22
5.2	Technické parametre predmetnej žeriavovej dráhy.....	23
6	PREHLAD METÓD ZAMERIAVANIA ŽERIAVOVÝCH DRÁH.....	25
6.1	Určenie smerového priebehu koľajníc a rozchodu.....	25
6.1.1	Metóda zámernej priamky.....	25
6.1.2	Semipolárna metóda.....	27
6.1.3	Priestorová polárna metóda.....	27
6.1.4	Terestrické laserové skenovanie.....	28
6.1.5	Automatizované meracie systémy.....	28
6.1.6	Metóda voľnej siete s dvoma stanoviskami.....	29
6.1.7	Meranie rozchodu koľajníc oceľovým pásmom.....	29
6.1.8	Paralaktické meranie dĺžok.....	30
6.2	Určenie výškového priebehu koľajníc.....	30
6.2.1	Geometrická nivelácia.....	30
6.2.2	Trigonometrické určenie výšok.....	30
7	ZISTENIE PRESNOSTI MERAČSKÉHO VYBAVENIA.....	32
7.1	Určenie súčtovej konštanty diaľkomera.....	33
7.2	Rozdiel medzi odrazným terčom a hranolom pre meranie vzdialeností.....	35
7.3	Určenie cyklickej chyby.....	37

8	ZAMERANIE ŽERIAVOVEJ DRÁHY MOSTÁRNA	41
8.1	Metóda zámernej priamky	41
8.1.1	Postup merania.....	41
8.1.2	Spracovanie merania	43
8.2	Geometrická nivelácia	46
8.2.1	Skúška nivelačného prístroja	46
8.2.1	Spracovanie merania	48
8.3	Meranie totálnou stanicou	49
8.3.1	Postup merania.....	49
8.3.2	Spracovanie merania.....	51
9.	ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV.....	57
9.1	Porovnanie dvojitého určenia vodorovných úchyliet.....	57
9.2	Porovnanie dvojitého určenia výškových úchyliet.....	58
	ZÁVER.....	60
	LITERATÚRA.....	61
	ZOZNAM VYTLAČENÝCH PRÍLOH.....	62
	ZOZNAM ELEKTRONICKÝCH PRÍLOH	63

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY URČOVANIA PRIESTOROVÝCH VZŤAHOV ŽERIAVOVEJ DRÁHY

V dôsledku zavádzania automatizácie a robotizácie prác v širokom priemysle sa dostáva do popredia otázka správneho a presného fungovania priemyselných zariadení, medzi ktoré sa zaraďujú aj žeriavové dráhy. Avšak bez overenia priestorových vzťahov nemôžu byť zariadenia uvedené do prevádzky. Spolupráca geodetov pri výstavbe, montáži, prevádzke, kontrole, rekonštrukcii i rektifikácii je preto nevyhnutná. V súčasnosti je celkom bežné, že pri kolaudácii konštrukcie sa vyžaduje geodetické zameranie a neskôr sa periodicky kontrolujú doterajšie dráhy, ktoré sú už v plnej prevádzke. K zmenám geometrických parametrov žeriavových dráh dochádza už pri montáži a vážne zmeny nastávajú aj pri prevádzke pôsobením rôznych faktorov. K základným faktorom patrí:

- vplyv vlastnej hmotnosti konštrukcie a bremien,
- pôsobenie síl, ktoré vzniknú pri prevádzke zo zotrvačnosti hmôt,
- tlak vetra,
- tepelné vplyvy,
- pôsobenie brzdných síl pri jazdení žeriavov, a pod.

Predmetom geodetického kontrolného zamerania žeriavových dráh a žeriavov je určenie smerového a výškového priebehu koľajníc, určenie rozchodu koľajníc, ďalej určenie odchýlok čiel nárazok na koncoch koľajníc od roviny kolmej na os žeriavovej dráhy, určenie bočného a výškového presahu, resp. nesúladu koľajníc v stykoch a určenie geometrických parametrov žeriavov.

Samotné meranie geometrických parametrov žeriavovej dráhy treba realizovať v zmysle ČSN 73 2611 Úchyľky rozmerů a tvarů ocelových konstrukcí, ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy a s prihliadnutím na špecifické zvláštnosti žeriavovej dráhy, vyplývajúce spravidla z:

- typu žeriavovej dráhy,
- veľkosti žeriavovej dráhy,
- z podmienok na meranie,
- z vyžadovanej presnosti, z dostupnej meracej techniky [5].

2 ZÁKLADNÉ TERMÍNY A DEFINÍCIE

Žeriav je zariadenie na premiestňovanie bremien zdvíhaním, posúvaním, otáčaním a kombináciou týchto pohybov.

Žeriavová dráha je konštrukcia určená na prejazd žeriava, tvorená nosníkovou konštrukciou s koľajnicami alebo oceľovými nosníkmi podvesných žeriavov alebo nosníkom pojazdného kladkostroja (zdvihadla), poprípadе samostatnou koľajou na podloží. Súčasťou žeriavovej dráhy je aj nutné príslušenstvo, a to konkrétne nárazníky, lávky, plošiny, rebríky, zábradlie, schodisko, po prípade nosníky a konzoly trolejov [1].

Vetva žeriavovej dráhy je časť konštrukcie žeriavovej dráhy, po ktorej jazdia pojazdné kolesá žeriavu.

Rozchod žeriavovej dráhy je vodorovná vzdialenosť medzi zvislými osami (stredy) žeriavových koľajníc oboch vetiev žeriavovej dráhy mostových, portálových a poloportálových žeriavov a vodorovná vzdialenosť medzi zvislými osami pojazdných nosníkov pri podvesnom žeriave.

Rozpätie poľa žeriavovej dráhy je definované vodorovnou osovou vzdialenosťou susedných podpier.

Výška žeriavovej dráhy je zvislá vzdialenosť od úrovne zeme, respektíve podlahy, k úrovni hlavy koľajnice žeriavovej dráhy. Podľa typov ŽD sa vzťahuje výška k inej časti dráhy:

- pri mostových, portálových a poloportálových k úrovni hlavy koľajnice,
- pri podvesných žeriavoch a pojazdných zdvihadiel k hornej hrane pojazdnej príruby nosníka, prípadne závesnej koľajnice,
- pri pojazdných konzolových žeriavoch k úrovni hlavy nosnej koľajnice na zvislom nosníku.

Dĺžka žeriavovej dráhy je vzdialenosť medzi čelami nárazníkov na oboch koncoch žeriavovej dráhy.

Priechodzia lávka je lávka poždĺž celej vetvy žeriavovej dráhy určená hlavne na núdzový únik z kabíny alebo koša žeriavu, prípadne z priechodziej lávky žeriavu.

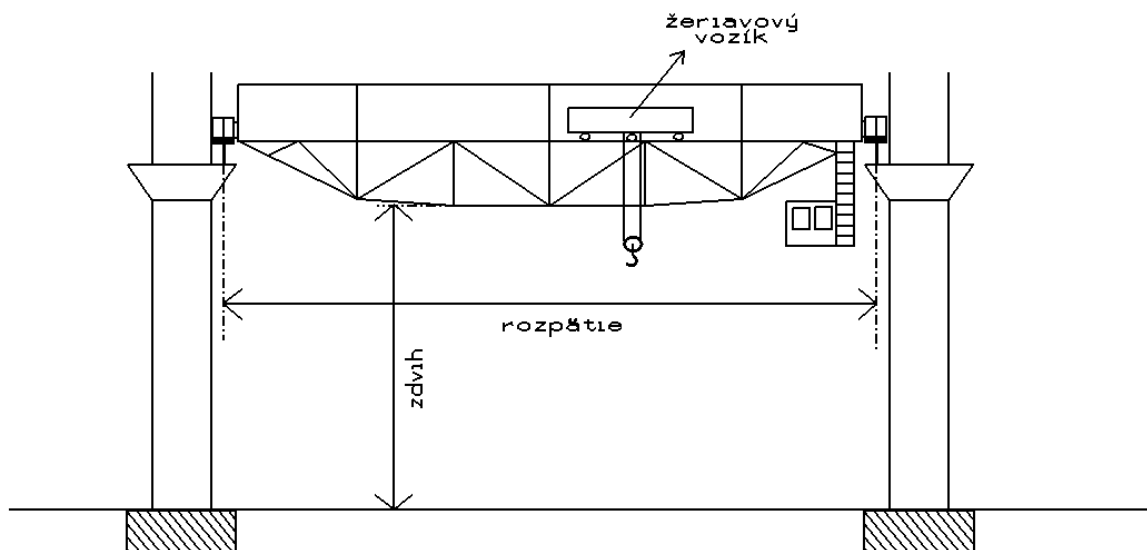
Overovacie meranie je meranie vykonávané pre overenie rozmerov s určenou medznou odchýlkou po ukončenej etape stavebného postupu

3 ROZDELENIE ŽERIAVOV

Žeriav je uvádzaný do pohybu pomocou mechanizmu tvoreného z lán, reťazí, kladiek, bubnov a prevodov. Pohon je vo väčšine prípadov elektrický. Žeriavy zdvíhajú bremená do rôznych výšok a presúvajú ich do obmedzených vzdialeností. Pohyb bremien sa docieľuje otáčaním, nakláňaním a najčastejšie posúvaním žeriavu. Rozoznávame preto viacero druhov žeriavov, delenie sa vykonáva z rôznych hľadísk, a to:

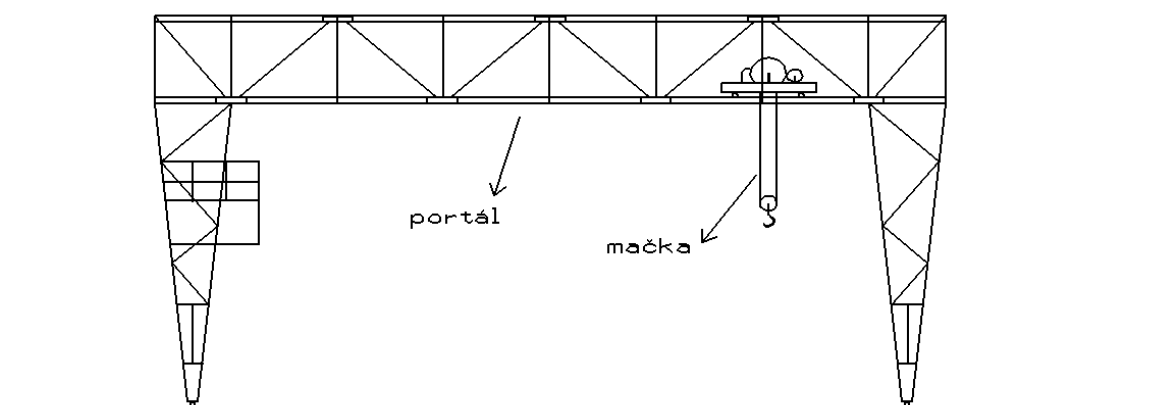
- podľa vonkajšieho tvaru
 - vozové,
 - mostové,
 - portálové,
 - polo – portálové,
 - konzolové,
 - vežové,
 - stožiarové a i.,
- podľa spôsobu pohybu
 - pojazdné,
 - otočné,
 - otočné i pojazdné,
 - plávajúce,
 - pevné či miesta nemeniace,
- podľa druhu pohonu
 - elektrické,
 - ručné,
 - parné,
 - so spalovacím motorom,
 - pneumatické,
 - združené,
 - hydraulické,
- podľa umiestnenia
 - dielenské (v halách, pod strechou),
 - nádorné (na otvorenom priestranstve),
 - stavebné.

Najčastejšie používaným žeriavom je žeriav *mostového typu*. Hlavné žeriavové teleso má tvar mosta. Hlavné prvky mostového žeriavu sú vyobrazené na obázku č. 3.1.



Obr. č. 3.1: Pojazdný profil mostového žeriavu

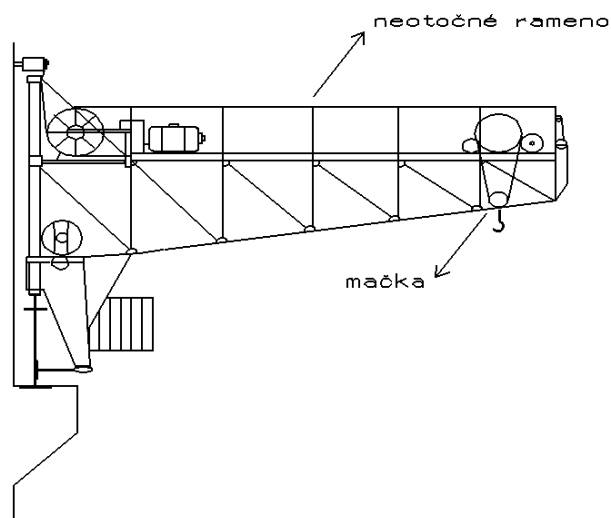
Ukážka ďalšieho typu – *portálový žeriav*, je vyobrazený na obr č. 3.2. Portálové, ako aj poloportálové žeriavy vznikajú umiestnením otočného alebo nepojazdného žeriava na žeriavovú kozu. Poloportálový žeriav je žeriav, ktorého most sa opiera z jednej strany bezprostredne o žeriavovú dráhu a z druhej strany prostredníctvom podpory.



Obr č. 3.2: Portálový žeriav

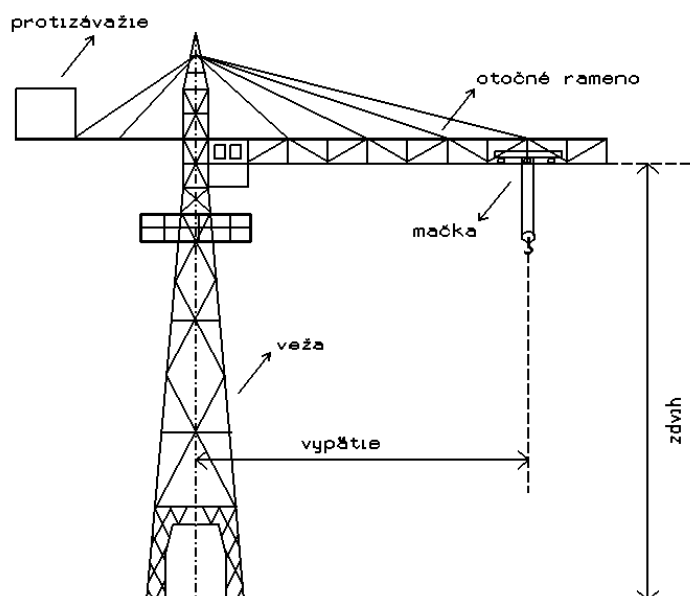
Konzolový žeriav je umiestnený na stene, ktorého prostriedok na uchopenie bremena je zavesený na konzole alebo na mačke pohybujúcej sa po konzole. Konzolové žeriavy sa

delia na žeriavy s otočným ramenom a s neotočným ramenom. Žeriav s neotočným ramenom je zobrazený na obr. č. 3.3.



Obr. č. 3.3: Konzolový žeriav s neotočným ramenom

Vežové žeriavy (Obr. 3.4) sú otočné žeriavy s výložníkom upevneným v hornej časti zvislo situovanej veže. Táto veža je pojazdna po žeriavovej dráhe. Ramená sa otáčajú iba vo vodorovnej rovine. Vežové žeriavy nachádzajú svoje uplatnenie v stavebníctve, pri montážnych prácach, avšak vzhľadom na obmedzený manipulačný priestor (kruhový výsek) a porovnateľné technické parametre sú v mnohých činnostiach nahradzované ťažkými cestnými žeriavmi.



Obr. č. 3.4: Vežový žeriav

4 ZÁVAZNÉ USTANOVENIA PRE URČOVANIE PRIESTOROVÝCH VZŤAHOV ŽERIAVOVÝCH DRÁH

Základným ustanovením zaoberajúcim sa problematikou merania žeriavových dráh je Česká technická norma ČSN 735130 Jeřábové dráhy platná od roku 1993. Táto určuje zásady pre priestorovú úpravu, koštrukčné riešenie, ďalej metódy určovania úchyliet ako aj tolerancie a s tým súvisiace rektifikácie žeriavových dráh.

V súčasnej dobe boli zrušené staré normy pre vykonávanie ocelových konštrukcií a rovnako tiež normy pre navrhovanie žeriavov, a boli nahradené prijatými európskymi normami. Norma ČSN 73 2601 „Provádění ocelových konstrukcí“ bola v septembri 2011 zrušená tiež. V tejto norme boli ocelové konštrukcie zaradované do 3 výrobných skupín, označovaných A, B a C. Nová norma pre výrobu ocelových konštrukcií ČSN EN 1090-2 „Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – Část 2: Technické požiadavky na ocelové konstrukce“ z apríla 2009 zaraduje ocelové konštrukcie do 4 tried vyhotovenia, označovaných EXC1 až EXC4. Požiadavky prísnosti narastajú od triedy EXC1 ku triede EXC 4. Zatriedenie konštrukcie vychádza z triedy následkov z dôvodu diferenciácie spoľahlivosti podľa ČSN EN: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, z roku 2011. Triedy následkov pre koštrukčné dielce sa delia do 3 úrovní označených CC1, CC2, a CC3 [9]. Tieto triedy sú popísané v Tabuľke XX.

Trieda následkov	Popis	Príklady pozemných alebo inžinierskych stavieb
CC3	Veľké následky s ohľadom na straty ľudských životov alebo veľmi vysoké následky ekonomické, sociálne, pre prostredie.	Štadióny, budovy pre verejnosť, kde následky poruchy sú vysoké (napr. koncertné sály).
CC2	Stredné následky s ohľadom na straty ľudských životov alebo značné následky ekonomické, sociálne alebo pre prostredie.	Obytné a administratívne budovy, budovy určené pre verejnosť, kde sú následky poruchy stredne závažné (napr. kancelárske budovy).
CC1	Malé následky s ohľadom na straty ľudských životov alebo malé/zanedbateľné následky ekonomické, sociálne alebo pre prostredie.	Poľnohospodárske budovy, kam ľudia bežne nevstupujú (napr. budovy pre skladovacie účely, skleníky)

Tab. č. 4.1: Triedy následkov [9]

Ďalším kritériom pre zatriedenie konštrukcií do tried označovaných EXCi sú riziká spojené s používaním konštrukcií a tieto sú popísané kategóriami použiteľnosti SC1 a SC2. Tabuľka kategórií použiteľnosti je uvedená nižšie (Tab. č.4.2).

Kategória	Kritéria
SC1	<ul style="list-style-type: none"> - Konštrukcie a dielce navrhnuté len na kvázistatické zaťaženie - Konštrukcie a dielce s prípojmami navrhnuté na seizmické zaťaženie s nízkou aktivitou - Konštrukcie a dielce navrhnuté na únavové zaťaženie od žeriavov – trieda S_0
SC2	<ul style="list-style-type: none"> - Konštrukcie a dielce navrhnuté na únavu (mosty, žeriavy $S_1 - S_9$, konštrukcie zaťažené vibráciami od vetra, konštrukcie zaťažené davom ľudí, konštrukcie zaťažené rotačným strojom) - Konštrukcie a dielce s prípojmami v oblastiach so strednou alebo vysokou seizmickou aktivitou)

Tab. č. 4.2: Kategórie použiteľnosti [9]

Posledným kritériom sú riziká spojené s vykonávaním konštrukcie, ktoré sú popísané výrobnými kategóriami PC1 a PC2. Väčšina žeriavových dráh je zaradená do triedy následkov CC2, kategórie použiteľnosti SC2 a tým podľa normy ČSN EN 1090-2 do triedy vyhotovenia EXC3.

Pre návrh žeriavových dráh platia v súčasnej dobe dve základné normy:

- ČSN EN 1193-6, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí- Část 6: Jeřábové dráhy z 09/2008,
- ČSN EN Eurokód 1: Zatížení konstrukcí- Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení z 01/2008. [9].

Okrem nich stále platí už vyššie spomenutá norma [1].

Od mája 2012 je v účinnosti nová, národná norma ČSN 73 2604 Ocelové konstrukce – Kontrola a údržba konstrukcí pozemních a inženýrských staveb. Táto uvádza ustanovenia pre kontrolné prehliadky konštrukcií, kde je zároveň špecifikované, kto má prehliadky vykonávať. Norma tiež uvádza postup odstránenia poškodení a závad zistených pri kontrole danej konštrukcie.

4.1 Bezpečnosť pri práci

Pri navrhovaní žeriavových dráh musí byť ich priestorovou úpravou a konštrukčným riešením splnené požiadavky:

- bezpečnosť prevádzky žeriavov jazdiacich po žeriavovej dráhe najmä z hľadiska dodržania predpísaného prejazdneho profilu žeriavov, dojazdu žeriavov na koncových poliach, prekrývanie žeriavov a podobne;
- bezpečnosti práce pri obsluhu, kontrole a údržbe žeriavov a žeriavových dráh;
- bezpečnosť prevádzky pod žeriavovými dráhami [1].

Žeriavové dráhy sa veľa ráz nachádzajú v prostredí továrenských hál a nádvorí, preto sa kladú mimoriadne zvýšené požiadavky na opatrnosť a bezpečnosť pri výkone meračských prác. Pri meraní dráh je veľké nebezpečenstvo úrazu elektrickým prúdom. Trolejové vedenia často vedú v blízkosti koľají, po ktorých žeriav jazdí. Geodet sa pri určitých metódach, ako je napríklad metóda zámernej priamky, dostáva priamo do styku s koľajnicou. Preto je nutné pred meraním žeriav odstaviť z prevádzky a zároveň aj odstaviť prívod elektrickej energie. Žeriav so sebou tiež môže ťahať elektrický kábel a nebezpečenstvo vzniká, ak je izolácia opotrebovaná. V neposlednej rade je potrebné zaistiť zabráneniu pádu pracovníka, pokiaľ sa pracuje vo výške. Pokiaľ sa pracovník cíti fyzicky alebo duševne zle, ak pracuje vo výške, je nutné, aby túto skutočnosť dal čo najskôr vedieť vedúcemu meračskej skupiny.

4.2 Tolerancie

Geometrický útvar žeriavovej dráhy pre bezpečnú prevádzku žeriavov je vymedzený toleranciami pre výrobu, montáž a prevádzku žeriavových dráh podľa normy [1] a [3].

Pre novo zriadené tolerancie platia dané tolerancie pri teplote 20°C. Ak sú za prevádzky príslušné tolerancie prekročené o 20%, musí sa predmetná žeriavová dráha vyrovnať. Po znateľnom zhoršení jazdných vlastností žeriavov môže byť účelné žeriavovú dráhu vyrovnať aj v prípade, ak prekročenie tolerancie ešte nedosiahlo 20%.

Meranie rozchodov

pre $s \leq 10\text{m}$: $\Delta s = \pm 3\text{ mm}$

pre $s > 10\text{m}$: $\Delta s = \pm [3 + 0,25 \cdot (s - 10)]\text{ mm}$, maximálne $\pm 15\text{mm}$, (4.1)

kde s – rozchod žeriavovej dráhy v m,

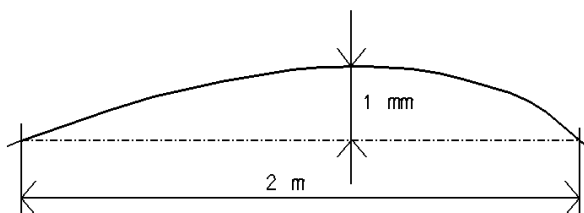
Δs – tolerancia.

Určenie výšky hlavy koľajnice

Najväčšia dovolená tolerancia výškovej úrovne hlavy koľajnice od teoretickej výšky žeriavovej dráhy je ± 10 mm. Teoretická výška je daná buď vodorovnou rovinou alebo využiteľnou teoretickou vyklenutou krivkou. Výškové úrovne oboch koľajníc môžu v priečnom smere vykazovať rozdiel 10 mm. Výšková úchylka v pozdĺžnom smere koľajnice v každom bode meranej dĺžky 2 m nesmie prekročiť 2 mm [1].

Určenie bočného presahu

Pre celkovú dĺžku koľajnice je najväčšia hodnota tolerancie v bočnom smere ± 10 mm. Pozdĺžna stredová os, resp, krivka koľajnice vo vodorovnej rovine nesmie prekročiť bočnú úchylku ± 1 mm na dĺžke 2 m.

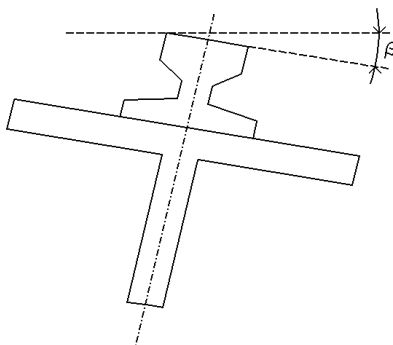


Obr. č. 4.1: Bočný presah

Sklon pojazdovej plochy

Sklon pojazdovej plochy koľajnice pri porovnaní s teoretickou polohou plochy nesmie prekročiť nasledovné hodnoty:

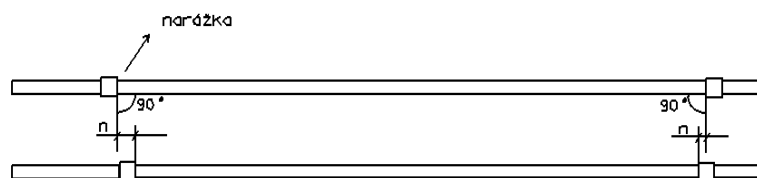
- pozdĺžne: $\tan \beta \leq 0,003$,
- bočne: $\tan \beta \leq 0,005$.



Obr. č. 4.2: Sklon pojazdovej plochy koľajnice

Kolmost' spojnice čiel narážok

Rozdiel vzdialeností čiel narážiek od roviny kolmej k osi žeriavovej dráhy môže byť podľa [3] maximálne $n_{max} = 10 \text{ mm}$.



Obr. č. 4.3: Rozdiel vzdialeností čiel narážok

4.3 Meranie úchyliet

Priečne a výškové úchytky polohy koľajnice, úchytky rozchodu žeriavovej dráhy a rozdiel výškových úrovní oboch koľajníc sa musí zisťovať v miestach všetkých podpôr dráhy (okrem žeriavových dráh a na podloží) a na prevysnutých koncoch nosníka dlhších ako 3 m. Ak je pole dráhy dlhšie ako 18 m, informatívne sa merajú úchytky a medziľahlých miestach, vzdialených najviac 12 m. Medzi susednými meranými bodmi sa predpokladá lineárny priebeh veľkosti úchyliet [1]. V dobe merania úchyliet musia byť žeriavy posunuté do krajnej polohy dráhy a byť mimo prevádzky. Zároveň sa musí zabezpečiť, aby meranie nebolo ovplyvnené tiež prejazdom žeriavov po susedných žeriavových dráhach.

4.4 Havárie žeriavov spôsobené veľkými úchytkami od projektovaných parametrov

Pre priestorové umiestnenie žeriavovej dráhy sú stanovené malé prípustné odchýlky, ktoré nesmú byť prekročené pri montáži a ani neskôr pri samotnej prevádzke žeriavu. Prekročenie odchýliet totiž vedie k havárii žeriavu a následnému vyradeniu s prevádzky. Oprava žeriavu, ako aj zabezpečenie náhradného žeriavu pre prevádzku je veľmi nákladné, preto by sa včasné zistenie prekročených dovolených úchyliet od projektovanej hodnoty nemalo zanedbávať. Odstávka žeriavu len na niekoľko hodín ihneď vedie k určitým finančným stratám danej organizácie, ktorá žeriav využíva. Väčšinou nemôže byť vyradená z prevádzky celá dráha a rekonštrukciu priestorových vzťahov je nutné vykonávať len po úsekoch a vo veľmi krátkych lehotách. Meranie preto prebieha rýchlo, ale zároveň musíme dbať na presnosť.

Meranie po havárii sa vykonáva ak došlo napríklad k:

- deformácii hlavných nosníkov dráhy,
- vyjazdeniu žeriavových mostov,
- nesprávnemu umiestneniu koncových nárazníkov dráhy, a pod.

Deformácia žeriavovej dráhy vznikne na základe rôznych vplyvov. Jedným z nich môže byť priečenie žeriavového mostu, ktoré sa viditeľne prejavuje v nadmernom bočnom odieraní koľajníc. Hrany koľajníc sú rozvalcované a pojazďová plocha hrán sa stáva zaoblenou. Deformácia nosníka nastáva pokiaľ nie je zaistená jeho tuhosť a vzdialenosť zvislej osi stojiny koľajnice od zvislej osi nosníka je väčšia ako polovica hrúbky steny nosníka [1]. Môže nastať tiež prípad, že sa koleso dotýka koľajnice len na malej ploche. Tento jav je spôsobený šikmou pojazdnou plochou koľajnice.

4.5 *Rektifikácia žeriavových dráh*

Norma [1] stanovuje spôsoby rektifikácie žeriavových dráh. Vyrovnanie žeriavovej dráhy do východzieho geometrického tvaru sa vykonáva pri montáži, po rekonštrukcii a pri rektifikácii prekročených dovolených úchyliet počas prevádzky žeriavovej dráhy. Rieši sa priečnymi a zvislými posunmi nosníkov v jej prípojoch k podporám. Norma ďalej určuje, akým spôsobom sa nesmie žeriavová dráha rektifikovať, a to nakláňaním nosníkov zo zvislej polohy a posunom koľajnice v priečnom smere na oceľovom nosníku žeriavovej dráhy.

Veľkosť vôle v prípojoch nosníkov žeriavových dráh pre umožnenie rektifikácie výrobnomontážnych a prevádzkových úchyliet sa volí v závislosti na zatriedení do skupín podľa predpokladaných zmien geometrického tvaru žeriavovej dráhy v priebehu prevádzky [1]. V skupine I sa nepredpokladajú zmeny geometrického tvaru žeriavovej dráhy za prevádzky, v skupine II sa tieto zmeny predpokladajú v malom rozsahu a v skupine III sa predpokladajú väčšie alebo veľké zmeny. Veľkosť vôle pre skupinu 3 sa volí individuálne väčšinou na základe daných geologických podmienok.

Skupina číslo	Doporučené veľkosti vôle		
	priečne [mm]	výškové [mm]	pozdĺžne [mm]
I	± 15	± 10	± 5
II	±30	+ 30	± 5
		-10	
III	individuálne		

Tab. č. 4.3: *Veľkosti vôle v prípojoch nosníkov žeriavových dráh*

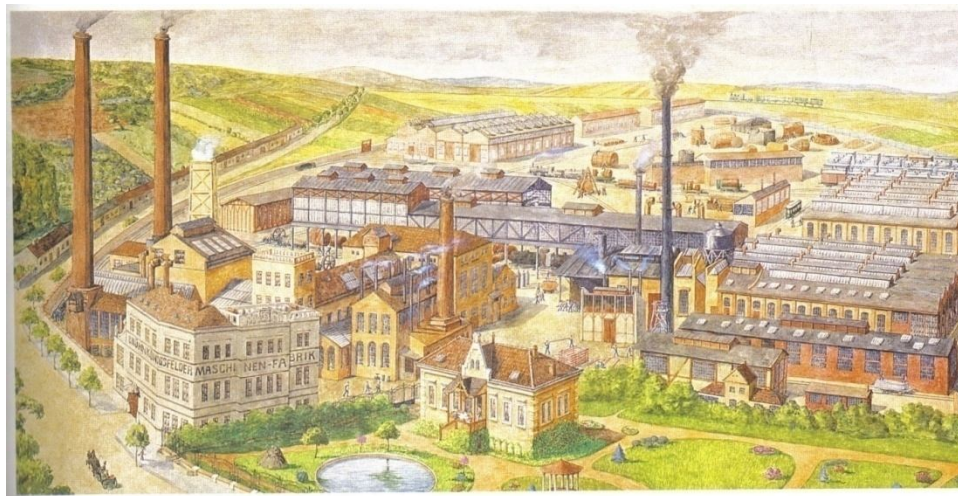
Pri montáži je možno využiť len zložky hodnôt zo skupiny I, hodnoty zo skupiny II a III sa používajú na rektifikáciu úchyliet vzniknutých za prevádzky.

5 POPIS ŽERIAVOVEJ DRÁHY MOSTÁRNA

Žeriavová dráha, ktorá bola predmetom zamerania v rámci diplomovej práce, je súčasťou časti podniku KRÁLOVOPOLSKÁ a.s. v Brne. Podnik sa zaoberá výrobou rôznych produktov, medzi ktoré patria aj mostové žeriavy, špeciálne jednoúčelové žeriavy a zdvíhacie zariadenia, napríklad pre prístavy. Ďalej vyrába zariadenia pre chémiu a petrochémiu, oceľové konštrukcie a zaisťuje montážne práce. Medzi jej činnosti patrí aj zlievanie neželezných kovov.

5.1 História

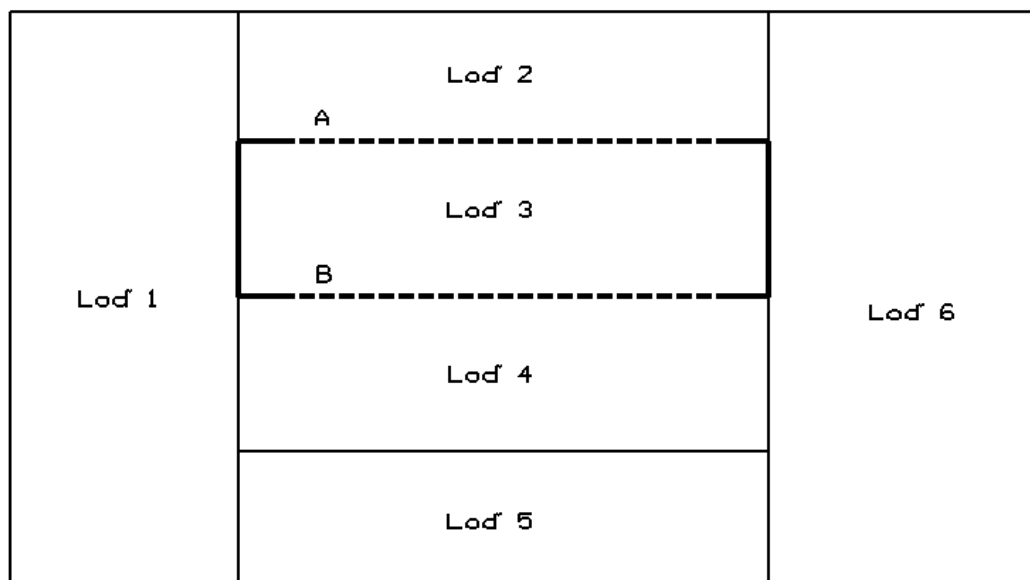
Podnik KRÁLOVOPOLSKÁ a.s. má v Brne dlhú tradíciu. Pôvodná „Královopolská strojárna“ bola založená 26. septembra 1889, kedy inžinier Filip Porgese nadobudol myšlienku založiť nový strojárenský závod v Brne. Ten sa spojil so svojim bohatým bratrancom Augustom Ledererom, ktorému bolo vydané stavebné povolenie a 19. februára 1890 bol závod zapísaný do obchodného registra pod názvom Brunn-Königsfelder Maschinenfabrik Lederer & Porges. Bola vybudovaná ako spoločnosť za účelom vykonávania kovovýroby a strojárenskej výroby v mestskej časti Královo Pole. Zo začiatku tu boli vyrábané železničné nákladné vozne, parné kotle a nádrže, ale v roku 1897 sa rozbehla aj výroba drevospracujúcich strojov a v tom istom roku sa v časti „mostárna“ začali vyrábať schody, mosty a žeriavy. Za pár rokov získala Královopolská strojárna medzinárodné uznanie. Za viac ako 120 ročné pôsobenie prešla spoločnosť niekoľkými fúziami a zmenami mien. V roku 1992 vznikla KRÁLOVOPOLSKÁ a.s. a v roku 2003 sa zlúčila s dcérskou spoločnosťou Královopolská strojárna.



Obr. č. 5.1: Obráz továrne z roku 1910, olejomalba [6]

5.2 Technické parametre predmetnej žeriavovej dráhy

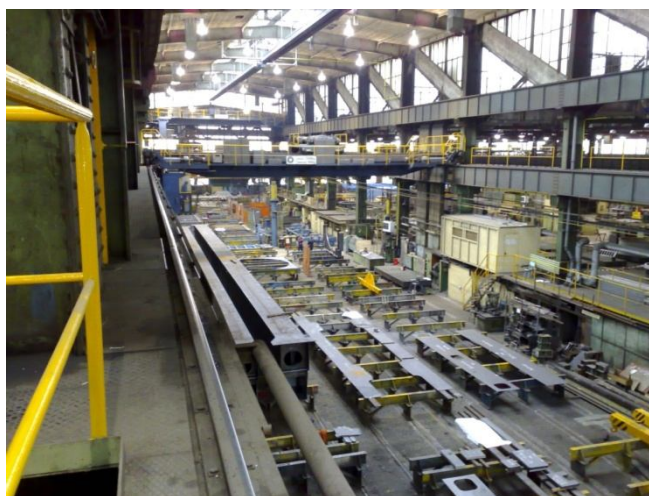
Zameriavaná žeriavová dráha sa nachádza v hale s názvom mostárna. Táto sa špecializuje na výrobu žeriavových dráh. Člení sa na 6 lodí (Obr. č. 5.2). Predmetná žeriavová dráha sa nachádza v lodi č. 3 a je situovaná pozdĺž tejto lode.



----- koľaj

Obr. č. 5.2: Schématická situácia lodi

Na desiatich podporách z každej strany sú uložené 2 žeriavové dráhy v rôznych výškových úrovniach. Takto usporiadané dráhy sa v celom podniku nachádzajú len v tomto prípade.



Obr. č. 5.3: Pohľad na predmetnú žeriavovú dráhu v hale mostárna

Spodná, ktorá bola aj predmetom zamerania, je vo výške ~ 8,05m a má dĺžku ~ 103,3m, vrchná dráha je vo výške 12m. Rozchod dráhy je ~ 18,38m. Na predmetnej dráhe jazdia 2 mostové žeriavy, každý s nosnosťou 25 000 kg. Po každom moste sa pohybuje žeriavový vozík, tzv. mačka, ktorý nesie zdvíhacie zariadenie a bremeno. Pozdĺž každej vetvy žeriavovej dráhy sa nachádzajú priechodzie lávky. Z ľavej strany, pri koľaji A, je lávka pri stene. Lávka z pravej strany pri koľaji B je spoločná pre susednú žeriavovú dráhu, ktorá sa nachádza v lodi č. 4. Lávky sú doplnené kovovým zábradlím. Trolejové vedenie je upevnené na ľavej strane pod koľajou.

6 PREHĽAD METÓD ZAMERIAVANIA ŽERIAVOVÝCH DRÁH

V úlohách určovania geometrických parametrov žeriavových dráh sa využíva množstvo geodetických metód. Metóda sa volí podľa typu dráhy, priestoru na meranie, prístrojovom vybavení a samozrejme od očakávanej presnosti.

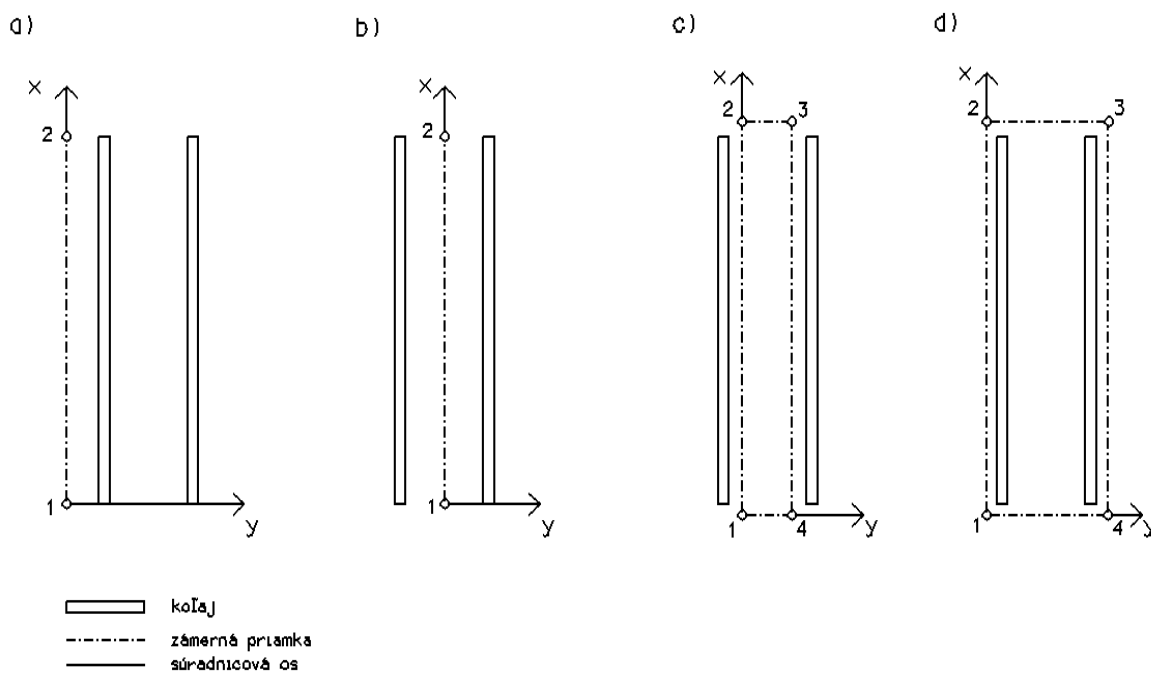
6.1 Určenie smerového priebehu koľajníc a rozchodu

6.1.1 Metóda zámernej priamky

Na určenie smerového priebehu koľajníc žeriavovej dráhy sa najčastejšie používa metóda zámernej priamky. Zámerná priamka je súčasťou vzťažnej sústavy a môže byť vzhľadom na koľajnice vedená podľa nasledujúcich variánt:

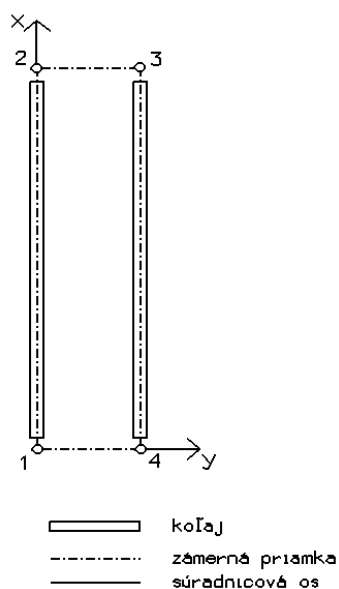
1. rovnobežka so spojnicou koncových bodov 12 odsadená o vhodnú vzdialenosť [5].

Na obr. č. 6.1 vidíme tri prípady tejto varianty.



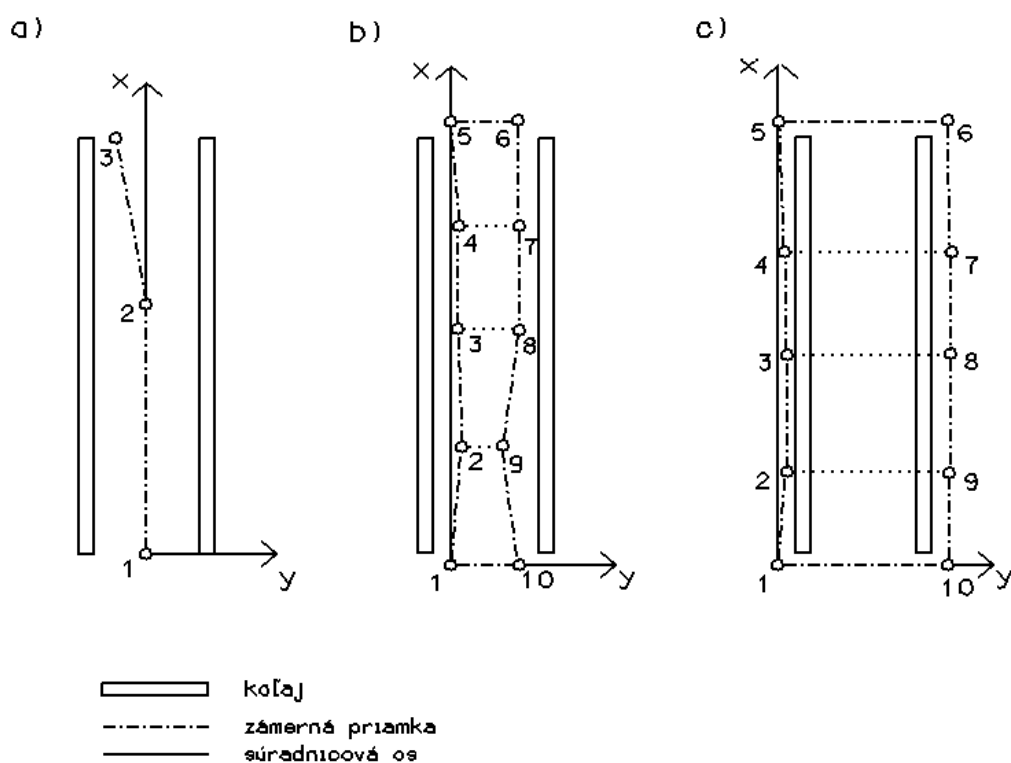
Obr. č. 6.1: Konfigurácia vzťažných sústav 1. varianty

2. spojnica koncových bodov pozdĺžnej strednice koľajnice alebo bodov v ich blízkosti [5] (obr. č. 6.2).



Obr. č. 6.2: Konfigurácia vzťažnej sústavy 2. varianty

3. priamka (polygónový ťah) vo všeobecnej polohe k spojnici koncových bodov. Tieto prípady vidíme na obr. č. 6.3. Za predpokladu, že spojnice $\overline{12}$ a $\overline{34}$ nie sú rovnobežne odsadené od osi koľajníc, zaradujeme tu aj prípady b) a c) z obr. č. 6.1..



Obr. č.6.3: Konfigurácia vzťažných sústav 3. varianty

Meračský postup tejto metódy je presne popísaný v kapitole 8.1.

6.1.2 Semipolárna metóda

Semipolárna metóda patrí k najstraším metódam zameriavania žeriavových dráh. Metóda využíva dĺžkové meranie v kombinácii s uhlovým meraním, pričom však nejde o klasickú polárnu metódu.

Všetky dĺžky sú dopočítané z dĺžkového merania priamo na koľajnici, pričom je meraná iba jedna dĺžka ku koľajnici.

Výpočet súradníc a výšok podrobných bodov je určený prvým trojuholníkom, v ktorom sú merané dve dĺžky a vrcholový uhol. Tretia dĺžka sa vypočíta kosínusovou vetou a pokračuje analogicky až na koniec koľajnice. Rozchody koľajníc je vhodné kontrolne zmerať pásomom a porovnať s výsledkami výpočtu. Polohová súradnicová sústava sa volí tak, aby kladná os Y smerovala z bodu A do bodu B. Výška podrobných bodov je potom vypočítaná podľa princípu trigonometrickej metódy. Prevýšenie bodov A a B sa realizuje meraním na nivelačnú latu pod vodorovnou zámerou [15].

6.1.3 Priestorová polárna metóda

V poslednej dobe sa kladú stále väčšie nároky na vyžadovanú presnosť výsledkov a skrátenie doby merania v čo najväčšej miere. Preto sa využitie polárnej metódy javí ako vhodný spôsob na realizáciu spomenutých požiadaviek. Polárna metóda sa využíva aj v prípade, ak nie je k dispozícii súprava na meranie žeriavových dráh. V súčasnosti sa na polárnu metódu používajú univerzálne meracie stanice, ktoré zabezpečia dostatočnú presnosť nameraných veličín. Táto metóda predpokladá využitie totálnych staníc vyššej kvality.

Princíp priestorovej polárnej metódy pozostáva z určenia priestorových súradníc pomocou totálnej stanice, a to na základe merania šikmej dĺžky, vodorovného uhla, zenitového uhla. Z meranej šikmej dĺžky a zenitového uhla sa redukciami určí vodorovná vzdialenosť a vypočíta sa prevýšenie medzi stanoviskom a určovaným bodom. Stanovisko v tomto prípade nevolíme v úrovni koľajnicových pásov. V prípade pozemných žeriavových dráh zvolíme stanovisko na úrovni terénu, pri nadzemných žeriavových dráhach približne v strede pozdĺžnej osi žeriavovej dráhy, ktorá je upevnená na vodorovných nosníkoch. Prístroj upevňujeme na statív, prípadne na meračský pilier, ak sa nachádza v priestore žeriavovej dráhy. Stanovisko zároveň volíme tak, aby sa do rozchodu koľajníc premietala

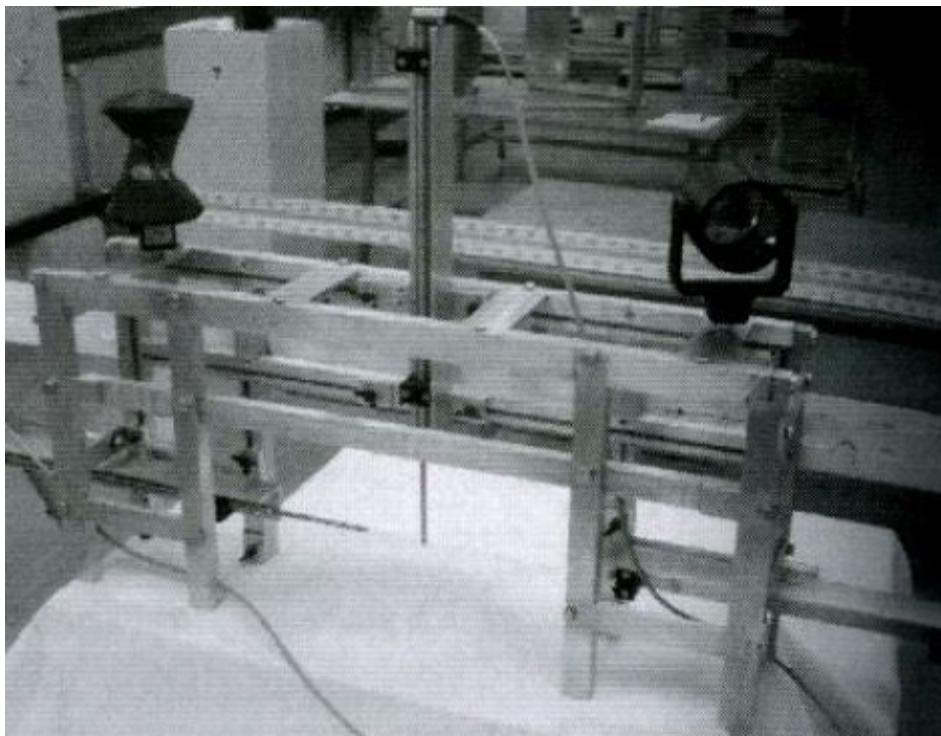
chyba z dĺžky čo najmenej. Ak bude stabilizované medzi koľajnicami tak, aby s premeriavanými rozchodmi tvorilo približne rovnoramenný trojuholník, do meraní sa bude vo väčšej miere premietat' chyba v určenia smeru.

6.1.4 Terestrické laserové skenovanie

Moderné geodetické prístroje a metódy merania sa uplatňujú aj v oblasti inžinierskej a priemyselnej geodézie. Jednou z aplikácií je aj určovanie geometrických parametrov žeriavových dráh metódou terestrického laserového skenovania. Skenovanie pomocou laserového scanu sa vykonáva z viacerých stanovísk. Hustota skenovanie musí byť volená tak, aby koľajnicový pás bol pokrytý dostatočne hustou množinou bodov, a to aj v najvzdialenejších miestach od stanoviska. Získané mračno bodov sa ďalej upravuje a vo výsledku obsahuje len body koľajnicového pásu. Do takéhoto mračna bodov sa vloží úsečka, ktorá reprezentuje os koľajnicového pásu. Tá sa rozdelí na úsečky zvolenej vzdialenosti, ktorými sa preložia zvislé roviny kolmé na os koľajnicového pásu. V priesečníkoch zviských rezov a úsečiek vzniknú body, ktoré definujú smerové a výškové vedenie koľajnicových pásov. Presnosť určenia polohy bodu s uvažovaním vplyvu chýb transformácie stanovísk do jedného súradnicového systému je 1 – 2 mm.

6.1.5 Automatizované meracie systémy

Pri tejto metóde sa eliminujú chyby merača v procese merania a je umožnené žeriav ponechať v prevádzke aj počas vykonávania meracích prác. Automatizovaný merací systém vychádza z integrácie geodetických a negeodetických technológií do jedného celku s následným spracovaním a vyhodnotením nameraných údajov. Pozostáva z robotizovanej univerzálnej meracej stanice, elektronických meracích snímačov a 360° odrazných hranolov umiestnených na presne vyrobenom ráme – nosnej konštrukcie meracieho systému. Systém sa pohybuje pomocou žeriavu, ktorý tlačí celý rám s osadenými vodiacími kolečkami a prítlačným zariadením. Systém umožňuje realizovať merania kinematickými metódami s následnou online registráciou všetkých meraných údajov do pripojeného notebooku, ktorý je súčasťou systému. Zároveň umožňuje výpočet polohy bodu na koľajnicovom páse pri dynamickom zaťažení váhou žeriavu a preto je možné v krátkej dobe spracovať veľké množstvo dát s prieťahmi koľajníc pri plnom zaťažení.



Obr. č. 6.4: Umiestnenie odrazného hranola na nosnej konštrukcii [6]

6.1.6 Metóda voľnej siete s dvoma stanoviskami

V prípadoch, kedy nie je možný, alebo je len veľmi obtiažny prístup k žeriavovej dráhe je možné riešenie v podobe uhlového a dĺžkového merania k vyrovnaníu účelovej siete tvorenej dvoma stanoviskami a podrobnými bodmi na koľajnici. Metóda umožňuje kontrolovať presnosť zamerania a minimalizovať pohyb figuranta pri signalizácii určovaného bodu. Určované hodnoty sa vypočítajú zo súradníc určených vyrovnaním voľnej siete metódou najmenších štvorcov.

Prístroje sú na koľajniciach upevnené tak, aby bola zabezpečená ich vzájomná viditeľnosť. Určované body na koľajniciach sú stabilizované pomocou strediacich nožníc (obr. č. 8.1). Meria sa z oboch stanovísk bezprostredne po sebe na odrazný hranol s hrotom, ktorý sa prikladá do jednotlivých jamiek. Tým je zaručená kompaktnosť merania a nasledujúceho vyrovnaní. Po vyrovnaní sa zhodnotí, či presnosť zodpovedá presnosti plánovanej pri rozboře pred meraním.

6.1.7 Meranie rozchodu koľajníc oceľovým pásmom

Rozchody koľajníc sa merajú vo všetkých priečných rezoch medzi bodmi, ktoré boli vyznačené jamkou. Najčastejšou metódou je meranie oceľovým pásmom a vykonáva sa vždy viac krát. Pásmo musí byť komparované a namerané hodnoty sa opravujú o vplyv z

komparácie, teploty, priehybu a pretiahnutia pásma. Použitie tejto metódy je však pomerne obtiažne a často sa porušuje predpísaná bezpečnosť pri práci, najmä ak sa žeriavová dráha nachádza nad úrovňou terénu.

6.1.8 Paralaktické meranie dĺžok

Paralaktické meranie dĺžok patrí medzi nepriame určenie vzdialeností. Pri tomto spôsobe sa použije diaľkomerná základňa b so známou dĺžkou. Dĺžka je určená s veľkou presnosťou, základňa obvykle meria 2 m a je realizovaná pomocou vodorovnej laty, tzv. balalaty, ktorá je umiestnená na statíve na konci určovanej vzdialenosti. Na počiatku na stanovisku je postavený prístroj, ktorým sa meria paralaktický vodorovný uhol δ medzi koncami balalaty. Vodorovná vzdialenosť sa potom vypočíta na základe riešenia pravouhlého trojuholníka.

6.2 Určenie výškového priebehu koľajníc

6.2.1 Geometrická nivelácia

Určenie výškových úchylov pojazdových plôch koľajníc a výškový rozdiel medzi koľajnicami sa vykonáva pomocou geometrickej obojsmernej nivelácie. Niveláčny prístroj sa spravidla upevňuje na špeciálnu podložku, ktorá je priamo upevnená na pojazdovej ploche koľajnice. Vhodnejšie je však prístroj upevniť a zhorizontovať nad úrovňou koľajníc, čo ale nie je v mnohých prípadoch možné. Odčítanie hodnoty na nivelačnej late sa vykonáva s presnosťou na milimetre. Výsledné výškové úchyly sa počítajú z rozdielu relatívnych výšok vzhľadom k najvyššiemu bodu na koľajnici.

6.2.2 Trigonometrické určenie výšok

Trigonometrické určenie výšok spočíva v riešení zvislého trojuholníka, v ktorom sa určí vodorovná vzdialenosť s alebo šikmá vzdialenosť s' medzi prístrojom a cieľom, a zenitový uhol Z . Hľadaná výška sa následne vypočíta podľa vzťahov:

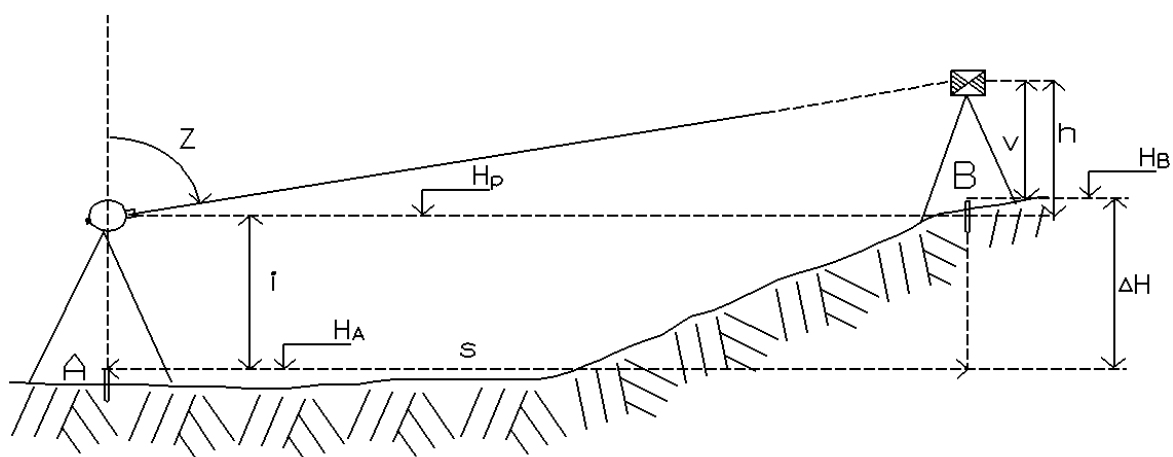
$$H_B = H_A + s \cdot \cot g Z + i - v, \text{ kde}$$

H_A je výška východzieho bodu,

H_B je výška určovaného bodu,

i je výška prístroja a

v je výška cieľa.



Obr. č. 6.5: Trigonometrické určenie výšok

7 ZISTENIE PRESNOSTI MERAČSKÉHO VYBAVENIA

Pri určovaní priestorových vzťahov je veľmi dôležitá presnosť, s akou meriame jednotlivé veličiny. Používané meracie prístroje a pomôcky musia zaistiť potrebnú presnosť a musia byť overené. Doporučuje sa preto, aby sa vykonali skúšobné meranie k zisteniu dosahovanej presnosti s použitím určitého elektronického diaľkomera s určitým hranolom a odrazným terčom.

Zistenie všetkých parametrov definujúcich geometriu žeriavovej dráhy nestačí určiť s centimetrovou presnosťou, nakoľko už pri zistení odchýlky niekoľkých milimetrov od projektovanej hodnoty by mohlo viesť k systematickému poškodzovaniu konštrukcie žeriavovej dráhy. Preto je nutné do meraných vzdialeností zaviesť opravy zistené pri testovaní diaľkomerov. S takto opravenými meranými dĺžkami môžeme ďalej postupovať pri výpočtoch.

Testovali sme totálnu stanicu firmy TOPCON radu GTS 300, s ktorou sme neskôr aj danú žeriavovú dráhu zameriavali.

Presnosť meranej dĺžky	$\pm (2\text{mm}+2\text{ppm})$
Presnosť meraného uhla	0,3 mgon
Minimálne čítanie meraného uhla	0,1 mgon/0,5mgon
Zväčšenie ďalekohľadu	30 x

Tab. č. 7.1: Informácie o parametroch použitej totálnej stanice

Pri meraní dĺžok elektronickými diaľkomermi presnosť ovplyvňuje rada systematických chýb a vplyvov, a to sú:

- súčtová konštanta,
- cyklická chyba,
- chyba meracej modulačnej frekvencie,
- vplyv nepresného nasmerovania signálu na odrazný systém,
- vplyv chodu diaľkomera,
- vplyv zmeny vstupného napätia,
- vplyv nevhodnej sily signálu,
- vplyv nesprávnej funkcie meteorologického spínača,

- vplyv zahriatia obvodov,
- vplyv atmosferických podmienok.

V rámci diplomovej práce sme určovali súčtovú konštantu a cyklickú chybu. Určili sme aj rozdiel medzi používanými odrazenými zariadeniami pri zameriavaní žeriavovej dráhy, a to medzi hranolom a odrazným terčom. Meranie prebiehalo v štvrtom nadzemnom podlaží stavebnej fakulty VUT Brno na chodbe dlhej približne 46m.

7.1 Určenie súčtovej konštanty diaľkomera

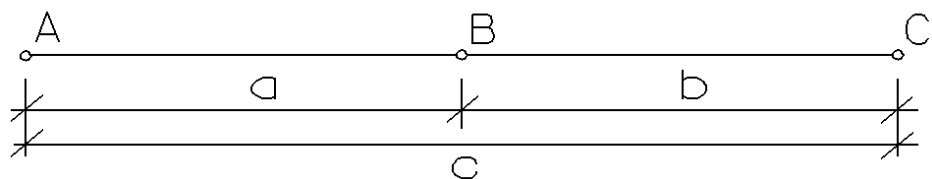
Určenie alebo overenie súčtovej konštanty sa vykonáva na vhodne zvolenej základni, ktorú tvoria 3 body. Hodnota súčtovej konštanty môže nadobúdať aj niekoľko centimetrov.

Postup merania pozostával z nasledujúcich krokov:

- vytýčenie priamky dlhej cca 10m, na ktorej boli určené 3 stanoviská 1,2,3, a to na začiatku, v strede a na konci priamky
 - stanoviská boli stabilizované statívmi po celú dobu trvania merania vrátane opakovaných meraní
 - pomocou diaľkomera sme zo začiatku priamky zacielili na tretie stanovisko a sklopením ďalekohľadu sme vytýčili stred priamky, ktorý zároveň tvoril druhé stanovisko
- do statívu na začiatku priamky sme upevnili diaľkomer, ktorý sme veľmi presne zcentrovali a horizontovali,
- druhý statív bol postavený do stredu priamky, tretí na koniec priamky; následné boli obidva presne scentrované a zhorizontované pomocou diaľkomera,
- pre každú vzdialenosť, t.j. medzi prvým a druhým stanoviskom, prvým a tretím stanoviskom a druhým a tretím stanoviskom, sme vykonali 2 merania v 2 polohách ďalekohľadu na hranol a rovnako aj 2 merania na odrazný terč,
- po každom zameraní dĺžky v 2 polohách ďalekohľadu sme vykonali výmenu hranola a odrazného terča.

Postup výpočtu:

Jednotlivé úseky označíme písmenami a_i , b_i , c_i , kde indexy i označujú poradové číslo meraného úseku ($i = 1, 2, 3$) a pre názornosť sú vyznačené na obr. č. 7.1.



Obr. č. 7.1: Základňa pri určovaní súčtovej konštanty

Každý z meraných úsekov je ovplyvnený súčtovou konštantou PSM a platí:

$$(a_i + PSM) + (b_i + PSM) = (c_i + PSM) \quad (7.1)$$

Súčtovú konštantu PSM potom určíme podľa uvedeného vzťahu:

$$PSM = c_i - (a_i + b_i). \quad (7.2)$$

Určenie strednej chyby súčtovej konštanty vychádza z určenia rozdielu d_{a_i} meračských dvojíc (meranie úseku tam a späť):

$$d_{a_i} = a'_i - a''_i. \quad (7.3)$$

Označenie a'_i je hodnota úseku a_i pri meraní tam, označenie a''_i je hodnota úseku a_i pri meraní späť. Obdobne počítame aj rozdiely d_{b_i} a d_{c_i} . Stredná chyba jedného merania dĺžky vo dvojici potom bude:

$$md_i^{(1)} = \sqrt{\frac{d_{a_i}^2 + d_{b_i}^2 + d_{c_i}^2}{2n}} = \sqrt{\frac{d_{a_i}^2 + d_{b_i}^2 + d_{c_i}^2}{6}}. \quad (7.4)$$

Obdobne sa určí aj $md_i^{(2)}$ (z druhého merania).

Presnosť aritmetického priemeru dvojice je daná vzťahom

$$md_i^{(1)} = \frac{md_i^{(1)}}{\sqrt{2}}, \quad md_i^{(2)} = \frac{md_i^{(2)}}{\sqrt{2}} \quad \text{a} \quad (7.5)$$

$$m_{d_i} = \frac{md_i^{(1)} + md_i^{(2)}}{\sqrt{2}}. \quad (7.6)$$

Za predpokladu rovnakej presnosti merania všetkých 3 úsekov (a, b, c) md_i bude presnosť určenia konštanty PSM daná vzťahom

$$m_{PSM_i} = md_i \cdot \sqrt{3}. \quad (7.7)$$

	[mm]		[mm]		[mm]		[mm]		[mm]
$d_{a1}^{(1)}$	-0,8	$md_1^{(1)}$	0,33	$d_{a2}^{(1)}$	-0,2	$md_2^{(1)}$	0,64	d_{a3}	0,3
$d_{b1}^{(1)}$	0	$md_1^{(2)}$	0,37	$d_{b2}^{(1)}$	-1,1	$md_2^{(2)}$	0,52	d_{b3}	-0,4
$d_{c1}^{(1)}$	-0,1	$md_1^{(1)}$	0,23	$d_{c2}^{(1)}$	-1,1	$md_2^{(1)}$	0,45	d_{c3}	0,5
$d_{a1}^{(2)}$	-0,8	$md_2^{(2)}$	0,26	$d_{a2}^{(2)}$	-0,4	$md_2^{(2)}$	0,37	d_{a3}	0,6
$d_{b1}^{(2)}$	-0,4	md_1	0,35	$d_{b2}^{(2)}$	-1	md_2	0,58	d_{b3}	-0,2
$d_{c1}^{(2)}$	-0,1	m_{PSM1}	0,60	$d_{c2}^{(2)}$	-0,7	m_{PSM2}	1,01	d_{c3}	-0,1
								m_{PSM3}	0,48

Tab. č.7.2, 7.3, 7.4: Výsledky určovania stredných chýb súčtových konštánt pri jednotlivých úsekoch

Výsledná súčtová konštanta sa získa aritmetickým priemerom z výsledkov 3 úsekov:

$$PSM = \frac{PSM_1 + PSM_2 + PSM_3}{3} \quad a \quad (7.8)$$

$$\text{jej stredná chyba podľa vzťahu: } m_{PSM} = \sqrt{\frac{m_{PSM1}^2 + m_{PSM2}^2 + m_{PSM3}^2}{9}} \quad (7.9)$$

Hodnota výslednej súčtovej konštanty je -15,3 mm a jej stredná chyba je 0,4 mm.

7.2 Rozdiel medzi odrazným terčom a hranolom pre meranie vzdialeností

Rozdiel medzi odrazným terčikom a hranolom sa zisťuje vtedy, kde merací systém pre vytyčovací a overovací meranie využíva ako elektronické diaľkomery s klasickými sklenenými hranolmi, tak aj diaľkomery, ktoré pri meraní využívajú odrazné terče.

Pri určovaní rozdielu a následnými výpočtami sme postupovali podľa normy ČSN 73 0212 [2]. Zvolený odrazný terčik a hranol by sa mali porovnávať s využitím nútenej centrácie. V priestoroch stavebnej fakulty sa piliere na nútenú centráciu nachádzajú, avšak z kapacitných dôvodov (krátke vzdialenosti medzi jednotlivými piliermi) sme tieto využiť nemohli. Preto sme v našom prípade využívali centráciu hranola a terčika pomocou statívov.

Meranie sme vykonali podľa nasledujúcich krokov:

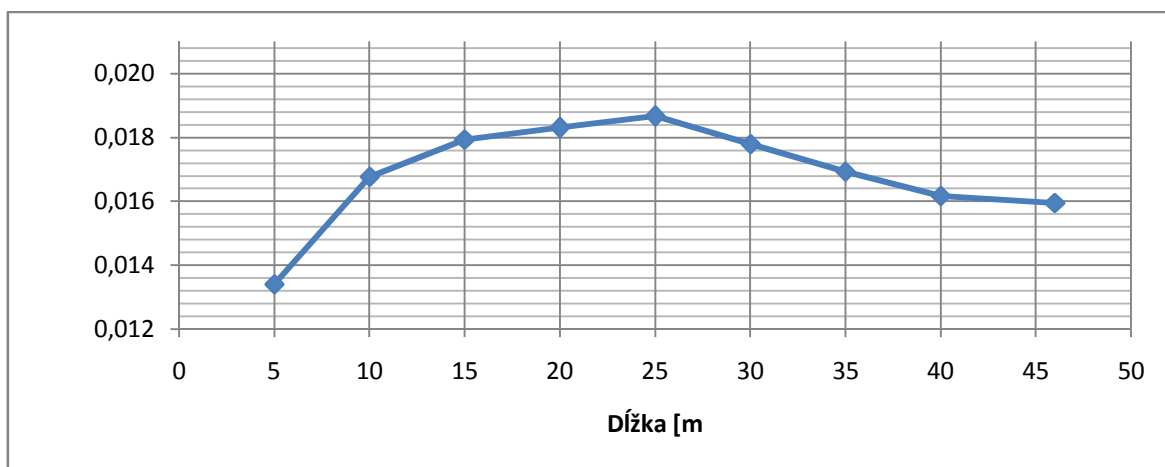
- centrácia a horizontácia diaľkomera na stanovisku zvolenom na začiatku chodby,
- cielenie na rôzne dĺžky základne v rozsahu 5 až cca 45 m s krokom priližne 5m
 - hranol a odrazný terč boli stabilizované pomocou statívu,
- pre každú vzdialenosť sme vykonali 10 meraní na hranol a 10 meraní na odrazný terč, vždy v dvoch polohách diaľkomeru (takto prevedené meranie tvorilo 1.radu),

- po každom zameraní dĺžky v 2 polohách ďalekohľadu sme vykonali výmenu hranola a odrazného terča.

Vzhľadom k tomu, že odrazné terče sú veľmi často upevnené tak, že nie je možné ich natáčaním dosiahnuť súososti ako u bežných hranolov, môžu vzniknúť chyby spôsobené nesúososťou a veľkým uhlom dopadu [2]. Preto sme terč po 1. rade meraní natočili okolo svojej osi tak, aby sa zaistil vplyv natočenia odrazného terča. Odrazný terč sme natáčali o $\pm 45^\circ$ a obdobne ako pri nulovom natočení sme 10 krát odmerali vzdialenosť v 2 polohách ďalekohľadu.

Po ukončení meracích prác sme súčtovú konštantu určili ešte 2 krát, a to pri základni dlhej 20 m a 40 m. Postupovali sme rovnako ako pri priamke dlhej 10m. Spracovanie merania je uvedený v elektronickej prílohe č. 1.

Výsledná súčtová konštanta daného odrazného terčika je platná pre konkrétnu vzdialenosť a je určená rozdielom medzi priemernou dĺžkou z merania na hranol a z merania na odrazný terčik. Jej priebeh je znázornený graficky (graf č. 7.1).



Graf č. 7.1: Súčtová konštanta pre odrazný terčik platná pre konkrétnu vzdialenosť

Vo výpočtoch boli použité nasledujúce vzťahy, dané podľa normy [2]:

aritmetický priemer:
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}, \quad (7.10)$$

kde x - meraná hodnota a

n - počet meraní,

odchýlka:
$$v = x - \bar{x} . \quad (7.11)$$

Po určení súčtovej konštanty je nutné určiť výberovú smerodajnú odchýlku s_1 pre hranol a smerodajnú odchýlku s_2 pre odrazný terčik, pomocou ktorých preukážeme, či je možné odrazný terčik pre danú úlohu použiť. Musí platiť, že s_2 sa nemá líšiť od s_1 o viac než dvojnásobok s_1 . Čiže:

$$s_2 \leq 2 \cdot s_1 . \quad (7.12)$$

smerodajná odchýlka:
$$s_i = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n}} . \quad (7.13)$$

7.3 *Určenie cyklickej chyby*

Ďalším predpokladom na správne zameranie dĺžok musia byť v rámci neúplného cyklu bezchybné tiež domerky. Tieto hodnoty získame kalibráciou fázomerného článku. Týmto spôsobom overíme vzťah medzi odčítaním stupnice fázomerného článku a odpovedajúcich úsekov dĺžky základne. Korekcia má periodický charakter, ktorý vzniká prechodom vysokofrekvenčného svetelného vlnenia vysielacou a prijímacou jednotkou. Hodnota korekcie dosahuje maximálne niekoľkých milimetrov.

Určenie cyklickej chyby sme rozdelili na dve etapy.

Postup merania prvej etapy nasledoval z nasledujúcich krokov:

- zriadenie testovacej základne pomocou pásma
 - pásmo bolo položené na zemi a počas celého merania bolo napínané silou 50N
 - napínanie silu sme zaistili silomerom
 - počas merania sme niekoľkokrát odmerali teplotu pásma kontaktným teplomerom
- na začiatku základne sme veľmi presne zcentrovali a horizontovali prístroj
 - za počiatok sme považovali 29. meter pásma
- postupne sme zameriavali úseky základne, zväčšujúce sa vždy o 1 m od stanoviska
 - vzdialenosť sme merali vždy 3 krát v dvoch polohách ďalekohľadu, najskôr meraním na hranol a potom obdobným spôsobom na odrazný terč

- hranol a terč sme pred meraním upevnili na presne urovnanom a zcentrovanom statíve
 - horizontáciu a centráciu statívu sme vykonali pomocou teodolitu
- po každom zameraní dĺžky v 2 polohách ďalekohľadu sme vykonali výmenu hranola a odrazného terča.



Obr. č. 7.2: Určovanie cyklickej chyby

Pri druhej etape sme merali taktiež základňu dlhú 30 m, ale v tomto prípade bol prístroj centrovaný na excentrickom stanovisku, približne 15 m od počiatku základne v jej predĺžení. Postupovali sme rovnako ako pri meraní prvej etapy. Za počiatok sme považovali nulu na pásme a merané vzdialenosti sa zvyšovali vždy o jeden meter až po koniec pásma, t.j 30. meter.

Postup výpočtu bol nasledovný:

Oprava nominálnej hodnoty pásma o vplyv systematických chýb:

-korekcia z komparácie Δ_k – k nominálnej hodnote pásma som pripočítala odchýlky, zistené pri kalibrácii pásma. Tieto odchýlky boli uvedené v kalibračnom liste v elektronickej prílohe č. 11.

- korekcia z tepelnej rozťažnosti Δ_t – k určitému úseku pásma sme pripočítali opravu zistenú vplyvom meniacej sa teploty počas merania. Teplota sa rádovo menila iba o \pm

0,5°C počas celej dĺžky merania (cca 4 hodiny), preto táto oprava nemá takmer žiadny vplyv na meranú dĺžku. Vzťah pre výpočet opravy je nasledovný:

$$\Delta_t = (t - t_k) \cdot l \cdot \alpha \quad (7.14)$$

kde: t - teplota pri meraní,

t_k - teplota pri komparácii,

α - koeficient teplotnej rozťažnosti a

l - nominálna hodnota opravená o Δ_k .

Korekciu z pretiahnutia pásma nezavádzame, pretože pri meraní sme pásmo napínali silou 50N pomocou silomeru. Táto sila sa rovná napínacej sile, ktorou bolo pásmo napínané pri komparácii a korekcia bude preto nulová.

Následne som vypočítala výslednú dĺžku meranú diaľkomerom na hranol ako aritmetický priemer dĺžok meraných 3 krát v 2 polohách ďalekohľadu. Rovnako som určila aj výslednú meranú dĺžku na odrazný terč.

Výpočet odchýlky dĺžky na pásme od výslednej meranej dĺžky sa počítal taktiež zvlášť pre dĺžku meranú na hranol a na terč. Za dĺžku na pásme považujeme nominálnu hodnotu pásma opravenú o korekcie z teplotnej rozťažnosti a z komparácie.

Presnosť cyklickej chyby bola určená na základe [2]. Výsledky sú uvedené prílohe č. 1 zvlášť pre prvú a pre druhú etapu.

Cyklická chyba sa určí podľa vzťahu:

$$\varepsilon_1 = \Delta_i - \frac{\sum \Delta_i}{n}, \text{ kde} \quad (7.15)$$

Δ_i - odchýlky, ktorá zahrňuje nulovú chybu, cyklickú chybu a ďalší vplyv nepresnosti merania:

$$\Delta_h = \hat{m}_h - \bar{X}, \text{ resp. } \Delta_t = \hat{m}_t - \bar{X}. \quad (7.16)$$

Význam označení:

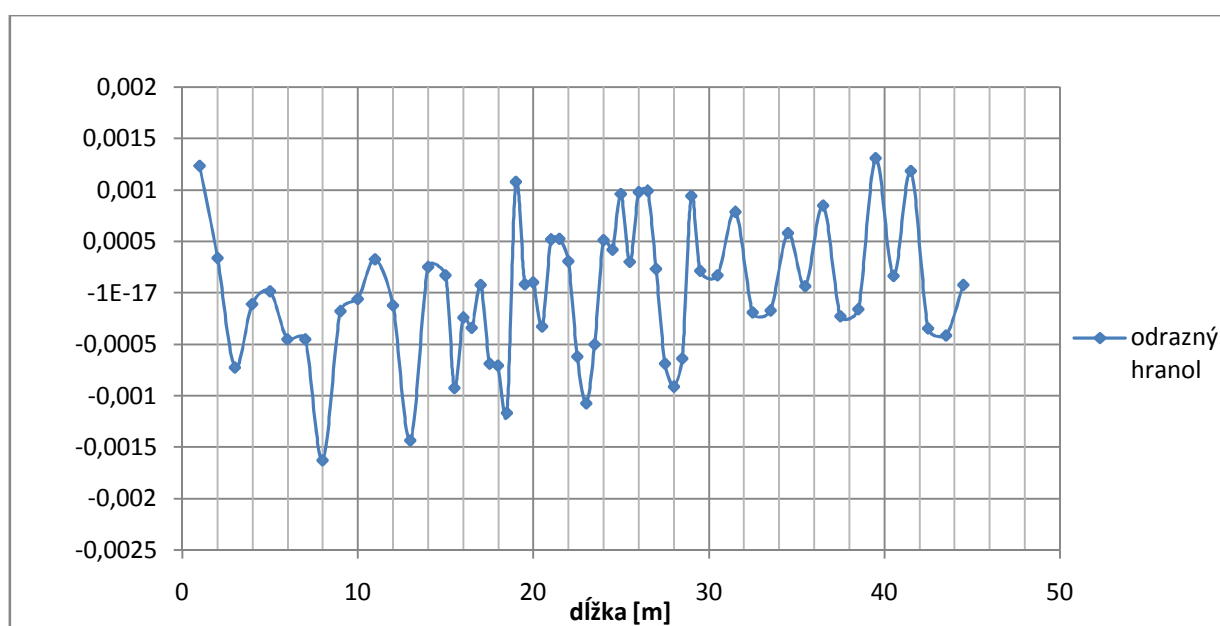
\hat{m}_h - priemery meraných vzdialeností na hranol,

\hat{m}_t - priemery meraných vzdialeností na terč,

\bar{X} - hodnota na pásme opravená o príslušné korekcie,

Zbytkové chyby ε_3 sa určia porovnaním dĺžok opravených o cyklickú a nulovú chybu a dĺžok určených na pásme. Stredná kvadratická chyba \hat{s}_3 meranej vzdialenosti s použitím nulovej a cyklickej chyby sa určí podľa vzťahu:

$$\hat{s} = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_3^2}{n}} . \quad (7.17)$$



Graf. č.: Priebeh cyklickej chyby

8 ZAMERANIE ŽERIAVOVEJ DRÁHY MOSTÁRNA

Na zameranie žeriavovej dráhy Mostárna boli použité dve metódy, a to metóda zámernej priamky na určenie smerových pomerov, v kombinácii s geometrickou niveláciou, ktorou boli určené výškové pomery, a priestorová polárna metóda s použitím totálnej stanice vyššej presnosti.

8.1 Metóda zámernej priamky

8.1.1 Postup merania

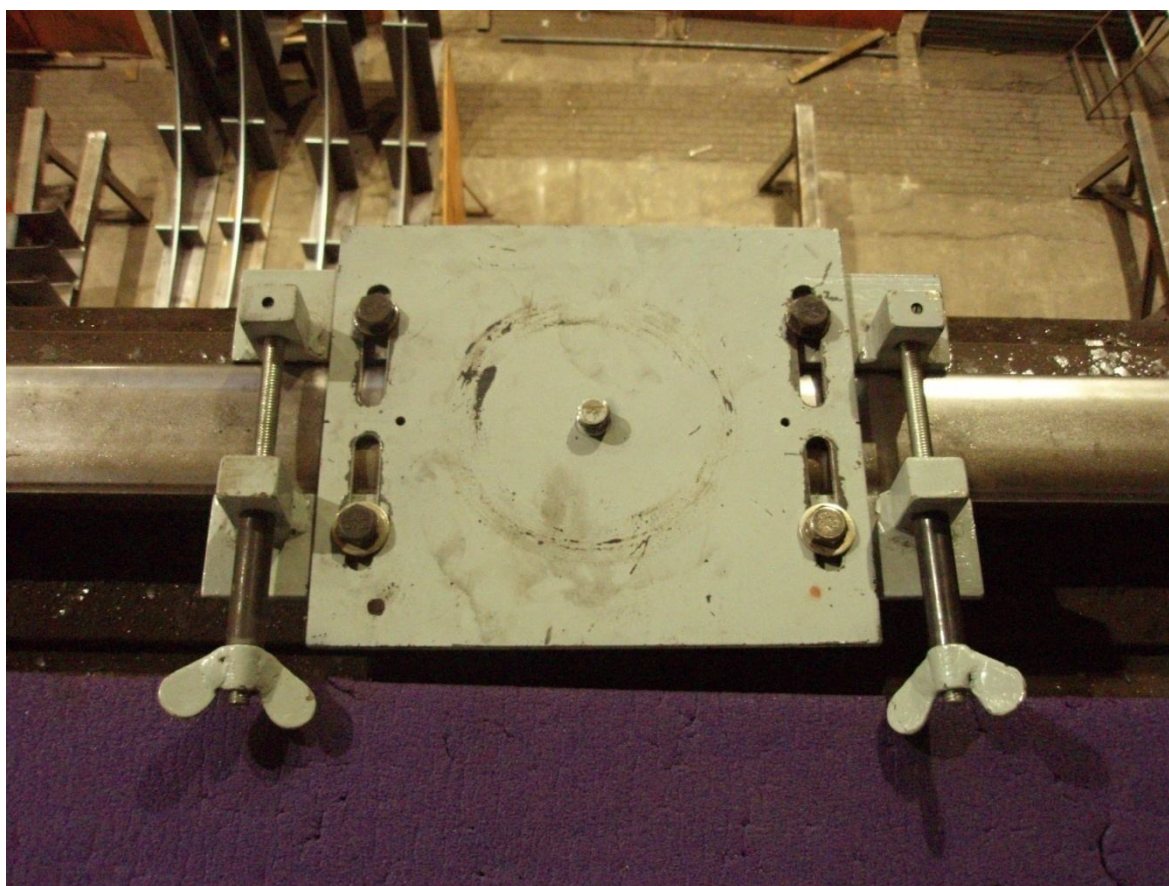
Na zameranie konkrétnej žeriavovej dráhy sme určili zámernú priamku podľa druhej varianty.

Pred samotným meraním sme najskôr na koľaji vyznačili body, ktoré sme chceli zamerať, v stanovených priečných rezoch. Tieto rezy boli vedené nad podporami a v bodoch dráhy v stanovených dĺžkach od koncov. Body sa na koľajách vyznačovali pomocou strediacich nožníc (obr.č 8.1), ktoré sú vybavené oceľovou ihlou. Úderom kladiva po ihle bola na koľajnici vyrazená jamka, ktorá realizuje bod strednice koľajnice. Po niekoľkých úderoch sa však ihla zlomila, preto sme zvolili iný spôsob označovania bodov. Posuvným meradlom sme najskôr odmerali šírku koľajnice, následne sme nastavili presne polovicu zistenej vzdialenosti. Priložením opačného konca posuvného meradla na koľajnicu od jej okraja bol realizovaný jej stred a na vyrazenie jamky sme použili pevný klinec a kladivo. Takýmto spôsobom sme vykonávali stabilizáciu jednotlivých bodov.



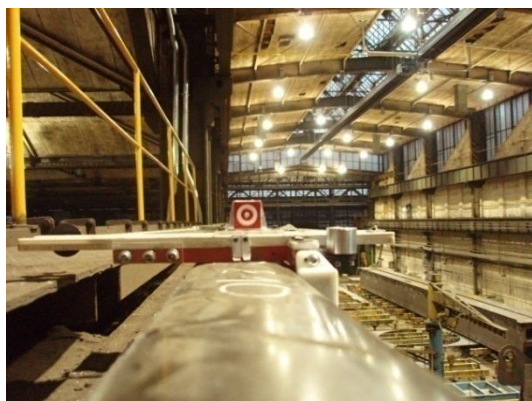
Obr. č. 8.1: Strediace nožnice s jamkovačom

Po vyznačení určovaných bodov sme na koľajnicu pevne pripevnili špeciálne upravenú podložku, na ktorú sme upevnili totálnu stanicu. Prične úchylky sme určovali pomocou posuvného zariadenia. Z konštrukčného hľadiska ide o jednoduché zariadenie s mikrometrickou skrutkou, ktorá zabezpečuje pohyb terčika v smere pozdĺžnej osi meradielka. Meradielko je v smere kolmom na koľajnicový pás.



Obr. č. 8.2: Špeciálna podložna na postavenie prístroja nad bod na koľajovom páse

Toto zariadenie bolo najskôr presne upevnené nad určitý bod a totálnou stanicou sme zacieli na terčik, ktorý bol na zariadení centricky umiestnený pomocou mikrometrickej skrutky nad určovaným bodom. Týmto sme realizovali zámernú priamku. Ďalší postup bol vo forme vytyčovania, kedy pomocník priložil zariadenie na ďalší určovaný bod a ja (merač) som mu dávala pokyny, aby s mikrometrickou skrutkou otáčavým pohybom posúval terčik dovtedy, pokým nula na meradielku (terčik) bola totožná so zvislou ryskou nitkového kríža.



Obr. č. 8.3 a 8.4: Posuvné zariadenie

8.1.2 Spracovanie merania

Zámernú priamku, od ktorej boli určované vodorovné úchyľky, tvorila pri koľaji A spojnica bodov 4002 a 111, a to pri prvom aj pri opakovanom meraní. Úchyľky boli prepočítané na zámernú priamku tvorenú spojnicou bodov 104-111. Pri koľaji B bola zámerná priamka najskôr tvorená bodmi 4001 a 201 a pri opakovanom meraní ako spojnica bodov 4003 a 214. Zistené úchyľky na koľajnici B som prepočtom vztiahla k zámernej priamke, ktorú som zvolila ako spojnicu bodov 204-211.

koľaj A			prepočet na zám. priamku		Aritmetický priemer	koľaj B			prepočet na zám. priamku		Aritmetický priemer
Bod	1.meranie	2.meranie	1.meranie L_{oi}	2.meranie L_{oi}		Bod	1.meranie	2.meranie	1.meranie P_{oi}	2.meranie P_{oi}	
101	11	-	12,4		12,4	201	0	-	16,3		16,3
102	5	-	6,3		6,3	202	0	-	15,0		15,0
103	5	-	6,1		6,1	203	-1	-	13,4		13,4
104	-1	-1	0,0	0,0	0	204	-12	5	0,0	0,0	0,0
105	4	4	4,9	4,9	4,9	205	-8	5	1,6	1,4	1,5
106	0	1	0,7	1,7	1,2	206	-12	-3	-4,9	-5,1	-5,0
107	-7	-7	-6,4	-6,4	-6,4	207	-12	-6	-7,3	-6,7	-7,0
108	-6	-6	-5,6	-5,6	-5,6	208	-7	-4	-4,7	-3,3	-4,0
109	-2	-4	-1,7	-3,7	-2,7	209	0	-1	-0,1	1,1	0,5
110	-2	-1	-1,9	-0,9	-1,4	210	2	-4	-0,6	-0,4	-0,5
111	0	0	0,0	0,0	0,0	211	5	-5	0,0	0,0	0,0
112	-	4		3,9	3,9	212	-	0		6,4	6,4
113	-	4		3,7	3,7	213	-	3		10,9	10,9
114	-	8		7,6	7,6	214	-	0		9,3	9,3

Tab. 8.1. Výsledky merania metódou zámernej priamky

Presnosť merania vodorovných úchyľiek je daná presnosťou meračskej dvojice. V našom prípade predpokladáme rovnaké podmienky pri oboch meraniach. Z toho vyplýva, že merania budú rovnako presné a stredné chyby budú vyjadrovať len vplyv náhodných chýb.

Stredná chyba rozdielu meraní vo dvojici je daná vzťahom:

$$m_d = \sqrt{\frac{\Sigma dd}{n}}, \text{ kde} \quad (8.1)$$

d je rozdiel oboch meraní vo dvojici a

n je počet dvojíc.

Stedná chyba jedného merania je vypočítaná zo vzťahu:

$$m = \frac{m_d}{\sqrt{2}}. \quad (8.2)$$

Určenie výslednej hodnoty je dané aritmetickým priemerom oboch meraní:

$$m_{\bar{x}} = \frac{m}{\sqrt{2}}. \quad (8.3)$$

koľaj	m_d	m	$m_{\bar{x}}$
	[mm]	[mm]	[mm]
A	0,9	0,6	0,4
B	0,7	0,5	0,4

Tab. č. 8.2: Výsledné hodnoty

Rozdiely oboch meraní nesmú prekročiť medznú chybu rozdielu 1,5 mm. Medzná chyba bola prekročená v jednom prípade, a to medzi úchyľkami na bode 109 na koľaji A.

Podľa metodického návodu [4] je stanovená medzná chyba merania vodorovných úchylok pozdĺžnej strednice koľajníc $\pm 1,5$ mm.

Vzhľadom k tomu, že zámerné priamky na jednotlivých koľajách boli vo všeobecnej polohe, bolo nutné zistené úchyľky prepočítať na zámerné priamky, ktoré sú vzájomne rovnobežné. Postupovala som podľa postupu, ktorý je uvedený v [16].

Aby sa dal jednoznačne určiť vzájomný vzťah bodov žeriavovej dráhy, zavedie sa súradnicový systém tak, aby sa z nameraných hodnôt dali ľahko vypočítať súradnice všetkých zameriavaných bodov žeriavovej dráhy [16]. Os X som zvolila ako rovnobežku so zámernou priamkou ľavej koľaje (koľaj A) a odsadila som ju o vzdialenosť q_0 , ktorá bola rovná priemernej hodnote rozchodu $\bar{s} = 18,397$ m. Os Y prechádzala počiatkami oboch zámerných priamok. Y-ové súradnice bodov na ľavej koľajnici boli potom vypočítané podľa vzťahu:

$$L_{y_i} = q_0 + L_{o_i} \quad (8.4)$$

a y-ové súradnice bodov na pravej koľajnici boli vypočítané vzťahom:

$$P_{y_i} = q_0 - z_p + \frac{z_p - z_k}{d} \cdot x_i + P_{o_i}, \text{ kde} \quad (8.5)$$

z_p je počiatočný rozchod (medzi bodmi 111 a 211),

z_k je koncový rozchod (medzi bodmi 104 a 204),

L_{o_i} sú úchyľky podrobných bodov ľavej koľaje, prepočítané na zámernú priamku 104-111,

P_{o_i} sú úchyľky podrobných bodov pravej koľaje, prepočítané na zámernú priamku 204-211,

d je dĺžka žeriavovej dráhy medzi počiatočným a koncovým rozchodom a

x_i je staničenie k i -tému bodu.

Rozchod medzi bodmi na ľavej koľaji a im odpovedajúcimi bodmi na pravej koľaji bude potom vypočítaný podľa vzťahu:

$$r_i^v = L_{y_i} - P_{y_i} \text{ a} \quad (8.6)$$

musí platiť rovnosť: $r_i^v = r_i^m$.

r_v je označenie meraného rozchodu. V rámci diplomovej práce sme rozchod pásmom nemerali, preto som ako meraný rozchod považovala rozchody vypočítané zo súradníc určených polárnou metódou (kapitola 8.2). Uvedená rovnosť však platiť nebude, preto sa vypočíta tretina rozdielu ($r_i^m - r_i^v$) a rozdelí sa k súradniciam L_{y_i} , P_{y_i} a meranému rozchodu nasledovným spôsobom:

$$L_{y_i}' = L_{y_i} + \frac{1}{3} \cdot (r_i^m - r_i^v), \quad (8.7)$$

$$P_{y_i}' = P_{y_i} - \frac{1}{3} \cdot (r_i^m - r_i^v) \text{ a} \quad (8.8)$$

$$r_i^{m'} = r_i^m - \frac{1}{3} \cdot (r_i^m - r_i^v). \quad (8.9)$$

Týmto sme dosiahli toho, že rovnosť $r_i^v = r_i^m$ bude platiť. Hodnoty jednotlivých krokov výpočtu sú v prílohe č. 2

V nasledovnej tabuľke sú uvedené výsledné vodorovné úchyľky L_{y_i}' a P_{y_i}' a hodnoty rozchodov medzi jednotlivým protíahlými bodmi.

Bod	koľaj A	Bod	Koľaj B		Bod	koľaj A	Bod	Koľaj B	
	1.meranie		1.meranie	$r^v = r^m$		2.meranie		2.meranie	$r^v = r^m$
	L_{y_i}' [mm]		P_{y_i}' [mm]	[m]		L_{y_i}' [mm]		P_{y_i}' [mm]	[m]
101	12,4	201	14,9	18,394	101	-	201	-	-
102	6,5	202	13,4	18,390	102	-	202	-	-
103	6,6	203	11,5	18,392	103	-	203	-	-
104	0,0	204	-1,5	18,398	104	0,0	204	-1,5	18,398
105	4,2	205	0,6	18,400	105	4,1	205	0,5	18,400
106	0,6	206	-6,5	18,404	106	1,2	206	-6,3	18,404
107	-7,4	207	-8,2	18,397	107	-7,2	207	-7,8	18,397
108	-5,8	208	-6,4	18,397	108	-5,3	208	-5,5	18,397
109	-2,1	209	-1,8	18,396	109	-3,0	209	-1,6	18,395
110	-2,1	210	-2,5	18,397	110	-1,4	210	-2,1	18,397
111	0,0	211	-2,2	18,399	111	0,0	211	-2,2	18,399
112	-	212	-	-	112	3,5	212	4,5	18,396
113	-	213	-	-	113	3,7	213	8,5	18,392
114	-	214	-	-	114	7,9	214	6,6	18,398
l_0	18,397	m				z_k	18,398	m	
z_p	18,399	m				d	70,0358	m	

Tab. č. 8.3: Výsledné hodnoty merania metódou zámernej priamky

8.2 Geometrická nivelácia

Na určenie výškového priebehu koľajníc sme použili metódu nivelácie. Niveláčny prístroj sme upevnili na špeciálnu podložku, ktorá bola upevnená priamo na koľajnici. Tým bol centrován presne nad stanoviskom, resp. konkrétnym vyznačeným bodom na koľaji. Pomocník postupne obchádzal všetky určované body, na ktoré kládol nivelačnú latu a merač čítal jednotlivé hodnoty latových úsekov. Meranie sme vykonali opakovane aj z druhého stanoviska. Zápisník z merania je v elektronickej prílohe č. 10 a spracovanie merania v prílohe č. 4.

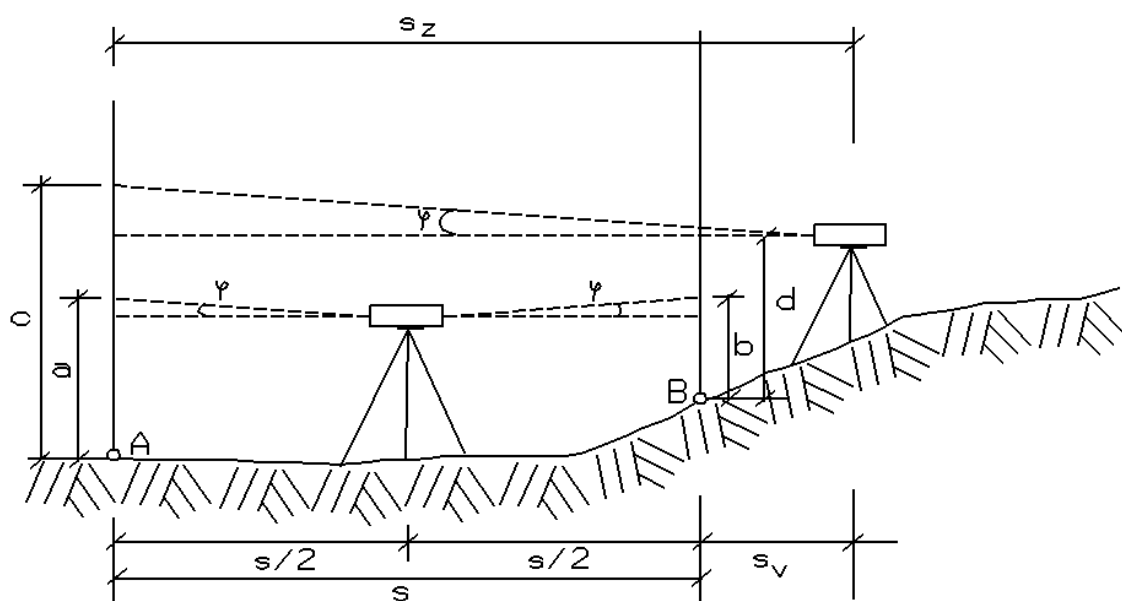
8.2.1 Skúška nivelačného prístroja

Skúšku nivelačného prístroja sa vykonáva na základe ČSN 730220 Optika a optické prístroje - Terénny postupy pro zkoušení geodetických a měřických přístrojů - Část 2: Niveláční přístroje.

Skúšku nivelačného prístroja je nutné periodicky opakovat' a to najmä vtedy, ak sa pracuje v dynamickom aktívnom prostredí. Takéto prostredie je bezpodmienečne aj výrobná hala,

v ktorej sa nachádza predmetná žeriavová dráha. Skúšku sme nevykonávali exaktne podľa normy. Bola vykonaná dvoma metódami, a to $Ax Bx$ a $Axx B$, kde x znamená postavenia nivelačného prístroja v nivelačnej zostave.

Pri metóde $Ax Bx$ je prístroj urovnaný presne v strede medzi dvoma bodmi A a B, stabilizovanými nivelačnými podložkami. Na bodoch sme postavili nivelačné laty. Ak nie je splnená podmienka $L \parallel Z$, namiesto čítania \bar{a} na bode A čítame údaj a podľa sklonený zámery pod uhlom φ . Podobne čítame aj údaj b na bode B. Chyba zo sklonu zámernej osi sa potom prejaví rovnakou odchýlkou Δ_1 .



Obr. č. 8.5: Skúška nivelačného prístroja

Prevýšenie medzi bodmi A a B určíme z nasledovnej rovnice [10]:

$$h_{AB} = a - b = (\bar{a} + \Delta_1) - (\bar{b} + \Delta_1) = \bar{a} - \bar{b}.$$

Z uvedeného vzorca vyplýva, že chyba Δ_1 sa vylúči, preto vypočítané prevýšenie považujeme za správne. Postavením nivelačného prístroja na iné miesto, v našom prípade za bod B, vyšetříme polohu osi L a Z. Prístroj postavíme čo najbližšie za bod B a po jeho urovnaní čítame údaj c na vzdialenejšej late a údaj d na bližšej late. Údaj čítaný na vzdialenejšej late sme považovali za zámeru vzad. Prevýšenie v tomto prípade označíme ako h_{CD} a vypočítame ho podľa vzťahu

$$h_{CD} = c - d. \quad (8.10)$$

Opravu vypočítame zo vzťahu

$$\Delta = h_{AB} - h_{CD} \quad (8.11)$$

a opravu na 1 m dĺžky

$$\Delta_m = \frac{\Delta}{s}, \quad (8.12)$$

kde s je vzdialenosť medzi bodmi A, B, alebo tiež vypočítaná zo vzťahu

$$s = s_Z - s_V, \quad (8.13)$$

kde s_Z je dĺžka na vzdialenejší bod (zámera vzad) a s_V je dĺžka na bližší bod (zámera vpred).

Pri metóde $A \times x B$ sa prístroj stavia 2 krát medzi body A, B, a to v jednej tretine vzdialenosti, kde čítame údaje a, b, a následne v dvoch tretinách vzdialenosti (čítame údaje c, d). Oprava sa vypočíta z uvedeného vzťahu:

$$\Delta_m = \frac{3}{2} \cdot \frac{(a-b)-(c-d)}{s}. \quad (8.14)$$

Skúšku nivelačného prístroja sme vykonali 4 krát pri rôznych vzdialenostiach, a to 2 krát pri konfigurácii $A \times B \times$ a dva krát pri konfigurácii $A \times x B$. Výsledky z merania skúšky nivelačného prístroja je v tabuľke č. 8.4. O zistenú opravu boli opravené čítania na late. Zápisník z merania je v elektronickej prílohe č. 4.

meranie	Δ [mm]	Δ_m [mm/m]
1	-2,000	-0,167
2	-1,000	-0,125
3	-3,000	-0,146
4	-1,000	-0,074
výsledná oprava:		-0,128

Tab. č. 8.4: Opravy zistené pri skúške nivelačného prístroja

8.2.1 Spracovanie merania

Výškové úchyľky vozňovej plochy koľajníc v meraných bodoch boli vypočítané z rozdielu relatívnych výšok vzhľadom k najvyššiemu bodu žeriavovej dráhy. V prípade predmetnej dráhy to bol bod 101.

Apriórna stredná chyba jedného prevýšenia sa určí na základe vzťahu:

$$m_{\Delta h_i \text{ apri}}^2 = 2 \cdot m_{\text{čit}}^2, \quad (8.15)$$

kde $m_{\text{čit}} = 1 \text{ mm}$ je stredná chyba čítania.

Výsledné prevýšenie je dané ako aritmetický priemer z jedného a druhého merania a jeho apriórna stredná chyba sa určí vzťahom:

$$m_{\Delta h \text{ apri}}^2 = \frac{m_{\Delta h_1 \text{ apri}}^2 + m_{\Delta h_2 \text{ apri}}^2}{4}, \quad (8.16)$$

kde: $m_{\Delta h_1 \text{ apri}} = m_{\Delta h_2 \text{ apri}}$ (indexy 1,2 ozačujú poradie merania).

Výberová stredná chyba sa určí vzťahom:

$$m_{\Delta h} = \sqrt{\frac{\Sigma d_{\Delta h}^2}{2n}}, \quad (8.17)$$

kde $d_{\Delta h}$ je rozdiel oboch meraní vo dvojici.

Rozdiel $d_{\Delta h}$ medzi 1. a 2. meraním nesmie prekročiť medznú chybu rozdielu

$$\delta_{d_{\Delta h}} = m_{\Delta h \text{ apri}} \cdot t \cdot \sqrt{n} \quad (t=2, n=2). \quad (8.18)$$

Výsledné hodnoty:

	[mm]
$m_{\Delta h_i \text{ apri}}$	1,4
$m_{\Delta h \text{ apri}}$	1,0
$m_{\Delta h}$	0,7
$\delta_{d_{\Delta h}}$	2,8

Tab. č. 8.5: Výsledné hodnoty

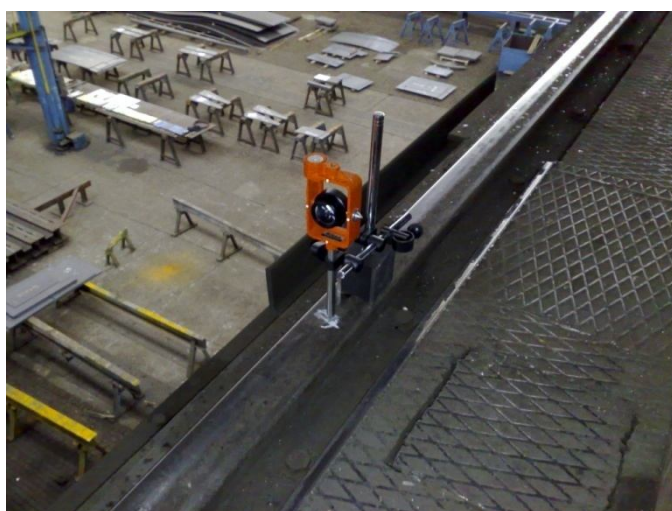
Medzná chyba rozdielu nebola ani v jednom prípade prekročená. Zápisník s výpočtami prevýšení je v elektronickej prílohe č. 5.

8.3 Meranie totálnou stanicou

8.3.1 Postup merania

Zameranie podrobných bodov žeriavovej dráhy totálnou stanicou bolo vykonané z dvoch stanovísk. Prístroj sa upevňoval na špeciálnu podložku (obr. č. 8.2) priamo na koľajnicu. Na jednotlivé body sa merala osnova smerov v 3 polohách d'alekohľadu. Zároveň boli merané zenitové uhly. Šikmé vzdialenosti boli zamerané 3 krát. Ako odrazné zariadenie bol použitý malý hranol Nikon, ktorý bol dôsledne postavený nad určovaný bod pomocou

upínacieho zariadenia. Súčtová konštanta hranola bola určená pred meraním v laboratórnych podmienkach (viď kapitola 7.1).



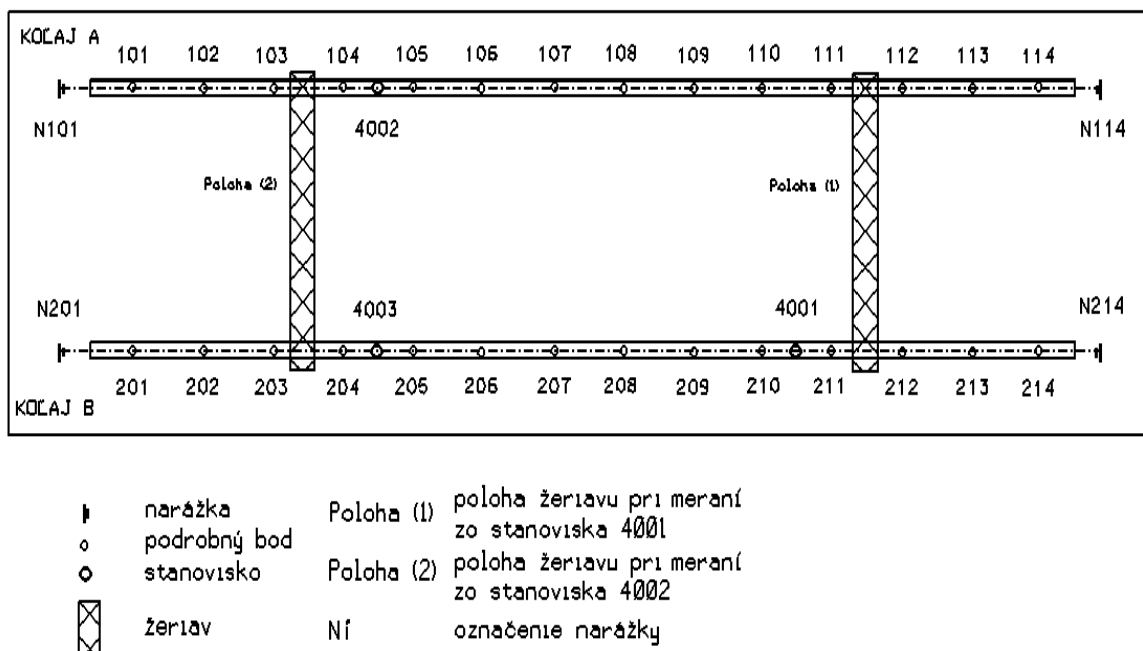
Obr. č. 8.6 a 8.7: Odrazný hranol Nikon

Žeriav bol počas merania zo stanoviska 4001 odstavený do krajnej polohy (Poloha (1)) a pri meraní zo stanoviska 4002 bol presunutý na druhú stranu dráhy (Poloha (2)). Z toho vyplýva, že krajné body, konkrétne body 101-103, 201-203, 112-114 a 212-214 boli zamerané iba z jedného stanoviska. Poloha žeriavov, ako aj rozmiestnenie a číslovanie bodov, je znázornená v situácií na obr. č. 8.9.



Obr. č. 8.8: Meranie totálnou stanicou

Totálnou stanicou boli tiež zamerané vodorovné smery a dĺžky na čelá narážok. V tomto prípade bol ako odrazné zariadenie použitý tzv. odrazný terč, ktorý bol na narážke nalepený. Vyhodnotením merania sa určí kolmosť spojnic čiel narážok.



Obr. č. 8.9: Rozloženie bodov a stanovísk

8.3.2 Spracovanie merania

Výpočet súradníc

Z nameraných údajov som vypočítala súradnice pozorovaných bodov zo stanoviska 4001 a následne aj zo stanoviska 4002. Charakteristiky presnosti určených súradníc som počítala na základe vzťahov pre výpočet bodov polárnou metódou s nepriamo orientovaný smerom. Stredné chyby v smere jednotlivých súradníc boli určené podľa nasledujúcich vzťahov:

$$m_x^2 = \cos^2 \omega \cdot m_s^2 + s^2 \cdot \sin^2 \omega \cdot m_\omega^2, \quad (8.19)$$

$$m_y^2 = \sin^2 \omega \cdot m_s^2 + s^2 \cdot \cos^2 \omega \cdot m_\omega^2, \text{ kde} \quad (8.20)$$

m_ω je stredná chyba meraného uhla,

m_s je stredná chyba meranej dĺžky,

s, ω sú polárne súradnice.

Z určených charakteristík presnosti som vypočítala parametre stredných elíps chýb pre každý bod:

$$\text{kovariancia} \quad m_{xy} = \sin \omega \cdot \cos \omega \cdot m_s^2 - s^2 \cdot \sin \omega \cdot \cos \omega \cdot m_\omega^2, \quad (8.21)$$

$$\text{extrémne chyby} \quad m_{max}^2 = \frac{m_x^2 + m_y^2}{2} + \sqrt{\frac{(m_x^2 - m_y^2)^2}{4} + m_{xy}^2}, \quad (8.22)$$

$$m_{min}^2 = \frac{m_x^2 + m_y^2}{2} - \sqrt{\frac{(m_x^2 - m_y^2)^2}{4} + m_{xy}^2} \quad \text{a} \quad (8.23)$$

$$\text{uhol stočenia} \quad \varphi = \frac{1}{2} \cdot \arctg \frac{2 \cdot m_{xy}}{m_x^2 - m_y^2}. \quad (8.24)$$

Výsledky sú uvedené v prílohe č.3.

Dosiahnutá presnosť dvojitého určenia súradníc sa určí porovnaním rozdielu súradníc vypočítaných zo stanoviska 4001 a súradnicami vypočítaných zo stanoviska 4002 s medznými chybami súradnicových rozdielov $\delta_{\Delta y}$ a $\delta_{\Delta x}$. Tieto sú vypočítané násobkom strednej chyby súradnicového rozdielu a súčiniteľa konfidencie t (t=2). Stredné chyby súradnicových rozdielov sú dané vzťahmi:

$$m_{\Delta y} = \sqrt{m_y^{2(1)} + m_y^{2(2)}} \quad \text{a} \quad (8.25)$$

$$m_{\Delta x} = \sqrt{m_x^{2(1)} + m_x^{2(2)}}, \text{ kde} \quad (8.26)$$

$m_y^{2(1)}, m_x^{2(1)}$ - stredné chyby v smere jednotlivých súradníc z prvého merania,
 $m_y^{2(2)}, m_x^{2(2)}$ - stredné chyby v smere jednotlivých súradníc z druhého merania.

Bod	Δy [mm]	$m_{\Delta y}$ [mm]	$\delta_{\Delta y}$ [mm]	Δx [mm]	$m_{\Delta x}$ [mm]	$\delta_{\Delta x}$ [mm]
104	0,1	0,6	1,2	0,6	2,8	5,6
105	0,0	0,7	1,3	-0,4	2,8	5,5
106	-0,3	0,8	1,5	-0,1	2,7	5,5
107	0,5	0,9	1,8	0,3	2,7	5,4
108	0,2	1,2	2,3	0,2	2,6	5,2
109	-1,3	1,5	3,0	0,1	2,4	4,8
110	0,0	1,9	3,8	0,0	2,1	4,2
111	-1,7	2,0	4,0	0,2	2,0	4,1
204	-0,9	2,0	4,0	0,3	2,0	4,1
205	-0,5	1,9	3,8	0,6	2,1	4,3
206	-1,4	1,5	3,0	0,2	2,4	4,8
207	-0,8	1,1	2,3	0,3	2,6	5,2
208	0,5	0,9	1,8	-0,5	2,7	5,4
209	1,2	0,8	1,5	-0,4	2,7	5,5
210	0,4	0,7	1,3	-0,6	2,8	5,5
211	1,0	0,6	1,2	-1,2	2,8	5,6

Tab.č. 8.6: Posúdenie dvojitého určenia súradníc

Pri voľbe súradníc, z ktorých boli vypočítané rektifikačné hodnoty žeriavovej dráhy, som brala do úvahy súradnice s lepšou strednou chybou v smere osi y m_y . Úlohu som riešila na základe [8] v programe Microsoft Excel. Pomocou príkazu $SLOPE(x;y)$ sa vypočíta koeficient k a pomocou príkazu $INTERCEPT(x;y)$ koeficient q jednej vyrovnanej priamky pre oba koľajnicové pásy. Číže:

$$k = SLOPE(x; y) , \quad (8.27)$$

$$q = INTERCEPT(x; y) . \quad (8.28)$$

Hodnota koeficientu k (smernica) definuje uhol vyrovnávacej priamky vzhľadom na súradnicový systém:

$$k = \arctg(\varphi) . \quad (8.29)$$

Funkciu vyrovnávacej priamky koľajnicového pásu A získame tak, že od koeficientu odpočítame polovicu nominálneho rozchodu žeriavovej dráhy. V prípade funkcie pre koľajnicový pás B polovicu nominálneho rozchodu ku koeficientu q pripočítame. Dosadením x -ových hodnôt do funkčných vzťahov získame vyrovnané hodnoty y -ových súradníc [16].

Stredná chyba vodorovných úchyliet m_u sa v tomto prípade rovná strednej chybe v smere osi Y m_y , pretože jednu z osí som vkladala do koľajnice A.

Výpočet rozchodu

Tolerancia Δs , vypočítaná na základe vzťahu (4.1) uvedeného v kapitole 4.2, sa vzťahuje k rozdielu skutočného rozchodu a projektovanej hodnoty rozchodu. Projektová dokumentácia predmetnej žeriavovej dráhy však nebola k dispozícii, preto som posudzovala rozdiely skutočného stavu od priemernej hodnoty rozchodu $\bar{s} = 18,397 \text{ m}$.

Rozchod žeriavovej dráhy bol vypočítaný zo súradníc protíahlých podrobných bodov. Jeho hodnota sa pohybuje v rozmedzí od 18,390 m až po hodnotu 18,404 m. Rozdiel od priemernej hodnoty presiahol v dvoch prípadoch dovolenú odchýlku $\Delta s = 5 \text{ mm}$, a to rozchod medzi bodmi 102-202 a 106-206.

Z vypočítaných údajov boli určené apriórne charakteristiky presnosti určeného rozchodu.

stredná chyba určenia rozchodu:

$$m_{s_1}^2 = m_{y_{10i}}^2 + m_{y_{20i}}^2 \quad (i = 1-14). \quad (8.30)$$

Obdobne získame aj strednú chybu určenia rozchodu $m_{s_2}^2$ vypočítanú zo súradníc určených z druhého stanoviska. Rozdiel rozchodov odpovedajúcej si dvojice merania sa porovná s mezdnou chybou rozdielu.

Stredná chyba rozdielu je vypočítaná zo vzťahu:

$$m_{\Delta s}^2 = m_{s_1}^2 + m_{s_2}^2 \quad a \quad (8.31)$$

medzná hodnota rozdielu:

$$\delta_{\Delta s} = m_{\Delta s} \cdot t \quad (t=2). \quad (8.32)$$

rozchod	zo stan 4001	zo stan 4002	rozdiel 2 meraní	zo stan. 4001	zo stan. 4002			priemer z 2 meraní	odchýlka od priem. hodnoty
			Δr	m_{r1}	m_{r2}	$m_{\Delta s}$	$\delta_{\Delta r}$		
	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	r	[mm]	[m]	[mm]
S ₁₀₁₋₂₀₁	18,3942	-	-	0,7	-	-	-	18,3942	-2,5
S ₁₀₂₋₂₀₂	18,3899	-	-	0,7	-	-	-	18,3899	-6,8
S ₁₀₃₋₂₀₃	18,3923	-	-	0,7	-	-	-	18,3923	-4,4
S ₁₀₄₋₂₀₄	18,3982	18,3972	1,0	0,7	2,0	2,1	4,2	18,3982	1,5
S ₁₀₅₋₂₀₅	18,3995	18,3990	0,5	0,7	1,9	2,0	4,0	18,3995	2,8
S ₁₀₆₋₂₀₆	18,4036	18,4025	1,1	0,8	1,5	1,7	3,3	18,4036	6,9
S ₁₀₇₋₂₀₇	18,3971	18,3958	1,3	0,9	1,1	1,5	2,9	18,3965	-0,1
S ₁₀₈₋₂₀₈	18,3969	18,3972	-0,3	1,1	0,9	1,5	2,9	18,3970	0,3
S ₁₀₉₋₂₀₉	18,3935	18,3960	-2,5	1,5	0,8	1,7	3,4	18,3960	-0,6
S ₁₁₀₋₂₁₀	18,3964	18,3968	-0,4	1,9	0,7	2,0	4,0	18,3968	0,2
S ₁₁₁₋₂₁₁	18,3962	18,3989	-2,7	2,0	0,7	2,1	4,2	18,3989	2,2
S ₁₁₂₋₂₁₂	-	18,3953	-	-	0,7	-	-	18,3953	-1,4
S ₁₁₃₋₂₁₃	-	18,3919	-	-	0,7	-	-	18,3919	-4,8
S ₁₁₄₋₂₁₄	-	18,3982	-	-	0,7	-	-	18,3982	1,6

Tab. č. 8.7: Charakteristiky presnosti určených rozchodov

Z tabuľky 8.7 vyplýva, že požadovaná presnosť merania bola dodržaná pri rozchodoch vzdialenejších od stanoviska vzhľadom k stredným elipsám chýb. Zo stredných elips chýb je vidieť, že chyba v priečnom smere narastá so skracujúcou sa dĺžkou určovaného bodu

k stanovisku. Do výpočtov preto vstupovali hodnoty rozchodov s lepšou presnosťou. V dvoch prípadoch bol rozchod počítaný ako aritmetický priemer oboch meraní, a to $s_{107-207}$ a $s_{108-208}$.

Kolmost' spojnic čiel narážok

Podľa normy ČSN 73 2611 [3] sa kolmost' čiel narážok posudzuje podľa rozdielu vzdialeností čiel narážok od roviny kolmej k osi žeriavovej dráhy. Vzdialenosti sa vypočítajú ako rozdiel x-ových súradníc narážok. Podľa uvedenej normy je medzná odchýlka 10 mm.

NARÁŽKY	y [m]	x [m]	Δx [m]
N101	18,4331	84,5278	0,0212
N201	0,0052	84,549	
N114	18,4214	-20,9878	-0,0376
N214	-0,0041	-20,9502	

Tab. č. 8.8: Určenie vzdialeností čiel narážiek

Určenie výškových pomerov

Výškové úchytky žeriavovej dráhy v určovaných bodoch boli určené na základe výškových rozdielov bodov od zrovnávacej roviny prechádzajúcou najvyšším bodom dráhy (bod 101). Presnosť určenia výškových úchyliet je daná apriórnu strednou chybou prevýšenia určenou podľa vzťahu:

$$m_{\Delta h \text{ apri}}^2 = (\cot g^2 Z_1 + \cot g^2 Z_2) \cdot m_s^2 + \left(\frac{s_1^2}{\sin^4 Z_1} + \frac{s_2^2}{\sin^4 Z_2} \right) \cdot m_Z^2, \text{ kde} \quad (8.33)$$

m_Z je stredná chyba zenitového uhla Z_i .

Posúdenie dvojitého určenia prevýšenia sa určí porovnaním rozdielu oboch meraní s medznou chybou $\delta_{\Delta h \text{ rozdiel}}$. Tá je vypočítaná násobkom strednej chyby rozdielu prevýšení a súčiniteľa konfidencie t ($t=2$).

	Δh_1	Δh_2	$d_{\Delta h}$	$m_{\Delta h1 \text{ apri}}$	$m_{\Delta h2 \text{ apri}}$	$m_{\Delta h \text{ rozdiel}}$	$\delta_{\Delta h \text{ rozdiel}}$
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
101-105	-24,4	-24,8	0,4	0,5	0,1	0,6	1,1
101-106	-32,3	-33,6	1,3	0,5	0,1	0,5	1,1
101-107	-56,6	-57,5	0,9	0,5	0,2	0,5	1,0
101-108	-70,1	-71,3	1,2	0,5	0,2	0,5	1,0
101-109	-56,7	-58,6	1,9	0,5	0,3	0,5	1,1
101-110	-42,6	-44,2	1,5	0,5	0,3	0,6	1,1
101-111	-40,6	-41,9	1,3	0,5	0,4	0,6	1,2
101-204	-26,9	-25,0	-1,9	0,6	0,1	0,6	1,2
101-205	-22,4	-21,7	-0,7	0,5	0,1	0,6	1,1
101-206	-23,6	-23,2	-0,4	0,5	0,1	0,5	1,1
101-207	-21,1	-21,4	0,2	0,5	0,2	0,5	1,0
101-208	-27,1	-26,9	-0,1	0,5	0,2	0,5	1,0
101-209	-33,1	-34,1	1,0	0,5	0,3	0,5	1,1
101-210	-27,8	-29,4	1,7	0,5	0,3	0,6	1,1
101-211	-36,3	-36,5	0,3	0,5	0,4	0,6	1,1

Tab. č. 8.9: Zhodnotenie dvojitého určenia prevýšení

Z uvedenej tabuľky vyplýva, že vo viacerých prípadoch boli medzné chyby prekročené. Pomerne malé medzné chyby sú počítané z apriórnych stredných chýb prevýšení, do ktorých sú zahrnuté iba vplyvy chýb prístroja. Na presnosť však vplývajú aj iné faktory, napríklad voľba zrovnávacej roviny.

Charakteristiky presnosti prevýšení je daná presnosťou meračských dvojíc, kedy sa vypočíta aposteriórna stredná chyba prevýšení podľa vzťahu (8.17).

Jej hodnota je $m_{\Delta h \text{ apost}} = 0,8 \text{ mm}$. Požadovaná medzná chyba merania daná metodickým návodom [4] je 1,5 mm.

9. ZHODNOTENIE VÝSLEDKOV

9.1 Porovnanie dvojitého určenia vodorovných úchyliet

Na určenie vodorovných úchyliet žeriavovej dráhy boli použité dve meračské metódy popísané v kapitole 8, a to metóda zámernej priamky (kapitola 8.1) a priestorová polárna metóda (kapitola 8.3)

Vodorovné úchytky boli vzťahnuté k zámernej priamke vytvorenej spojnicou bodov 104-111. Porovnaním úchyliet získaných z dvoch rôznych metód merania boli určené rozdiely Δ_u (2 met.). Zo stredných chýb úchyliet jednotlivých metód m_u boli určené stredné chyby rozdielov $m_{\Delta u(2 \text{ met.})}$ a následné medzné hodnoty rozdielov $\delta_{\Delta u(2 \text{ met.})}$. Z tabuliek č. 9.1 a 9.2 vyplýva, že podmienka $\Delta_u(2 \text{ met.}) \leq \delta_{\Delta u}$ nebola ani v jednom prípade porušená.

KOĽAJ A	$u_{\text{polár}}$	$u_{\text{zámer}}$	Δ_u (2 met.)	m_u polár	m_u zámer	$m_{\Delta u(2 \text{ met.})}$	$\delta_{\Delta u(2 \text{ met.})}$
Bod	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
101	14,0	12,5	1,5	0,6	0,4	0,9	1,8
102	7,6	6,0	1,6	0,6	0,4	0,9	1,8
103	7,7	6,0	1,7	0,6	0,4	0,9	1,8
104	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	1,3
105	3,8	5,0	-1,2	0,0	0,4	0,7	1,3
106	1,2	1,0	-0,2	0,1	0,4	0,7	1,3
107	-7,8	-6,5	-1,3	0,1	0,4	0,7	1,3
108	-5,9	-5,5	-0,4	0,2	0,4	0,7	1,4
109	-2,8	-2,5	0,3	0,2	0,4	0,7	1,4
110	-1,9	-1,5	-0,4	0,3	0,4	0,7	1,4
111	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,7	1,5
112	4,6	4,0	0,6	0,4	0,4	0,8	1,5
113	2,8	3,5	-0,7	0,4	0,4	0,8	1,5
114	6,9	7,5	-0,6	0,4	0,4	0,8	1,5

KOĽAJ B	$u_{\text{polár}}$	$u_{\text{zámer}}$	Δ_u (2 met.)	m_u polár	m_u zámer	$m_{\Delta u(2 \text{ met.})}$	$\delta_{\Delta u(2 \text{ met.})}$
Bod	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
201	18,0	16,5	1,5	0,4	0,4	0,8	1,5
202	15,8	15,0	0,8	0,4	0,4	0,8	1,5
203	13,6	13,5	0,1	0,4	0,4	0,8	1,5
204	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	0,7	1,5
205	2,4	1,5	0,9	0,3	0,4	0,7	1,4
206	-4,7	-5,0	0,3	0,2	0,4	0,7	1,4
207	-6,3	-7,0	0,7	0,2	0,4	0,7	1,4
208	-4,5	-4,0	-0,5	0,1	0,4	0,7	1,3
209	0,4	0,5	-0,1	0,1	0,4	0,7	1,3
210	-0,4	-0,5	0,1	0,0	0,4	0,7	1,3
211	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	1,3
212	7,2	6,5	0,7	0,6	0,4	0,9	1,8
213	8,9	11,0	-2,1	0,6	0,4	0,9	1,8
214	6,1	9,5	-3,4	0,6	0,4	0,9	1,8

Tab. č. 9.1, 9.2: Porovnanie dvojitého určenia vodorovných úchyliet

9.2 Porovnanie dvojitého určenia výškových úchyliet

Na určenie výškových úchyliet boli použité dve meračské metódy metódy popísané v kapitole 8, a to geometrická nivelácia (kapitola 8.2) a priestorová polárna metóda (kapitola 8.3). Výškové úchytky boli pri oboch metódach určené z rozdielu relatívnych výšok vzhľadom k najvyššiemu bodu dráhy (bod 101).

Porovnaním výškových úchyliet získaných z dvoch rôznych metód merania boli určené rozdiely $d_{\Delta h (2 \text{ met.})}$. Zo stredných chýb úchyliet jednotlivých metód $m_{\Delta h i}$ boli určené stredné chyby rozdielov $m_{\Delta u (2 \text{ met.})}$ a následné medzné hodnoty rozdielov $\delta_{\Delta u (2 \text{ met.})}$. Z tabuľky č. 9.3 vyplýva, že podmienka $d_{\Delta h (2 \text{ met.})} \leq \delta_{\Delta u (2 \text{ met.})}$ nebola ani v jednom prípade porušená.

prevýšenie medzi:	$\Delta h_{\text{polár}}$ [mm]	Δh_{niv} [mm]	$d_{\Delta h (2 \text{ met.})}$ [mm]	$m_{\Delta h \text{ polár}}$ [mm]	$m_{\Delta h \text{ niv}}$ [mm]	$m_{\Delta u (2 \text{ met.})}$ [mm]	$\delta_{\Delta u (2 \text{ met.})}$ [mm]
101-101	0,0	0,0	0,0	0,6	1	1,2	2,4
101-102	-7,7	-7,5	-0,2	0,6	1	1,2	2,4
101-103	-7,7	-9,0	1,3	0,6	1	1,2	2,3
101-104	-20,8	-21,0	0,2	0,3	1	1,0	2,1
101-105	-24,6	-25,0	0,4	0,3	1	1,0	2,1
101-106	-33,0	-33,0	0,0	0,3	1	1,0	2,1
101-107	-57,0	-57,5	0,5	0,3	1	1,0	2,1
101-108	-70,7	-71,0	0,3	0,3	1	1,0	2,1
101-109	-57,6	-58,0	0,4	0,3	1	1,0	2,1
101-110	-43,4	-44,0	0,6	0,3	1	1,0	2,1
101-111	-41,2	-41,5	0,3	0,3	1	1,0	2,1
101-112	-35,8	-35,0	-0,8	0,4	1	1,1	2,2
101-113	-41,5	-40,5	-1,0	0,4	1	1,1	2,2
101-114	-33,1	-32,5	-0,6	0,4	1	1,1	2,2
101-201	-8,2	-9,5	1,3	0,6	1	1,2	2,4
101-202	-17,9	-18,0	0,1	0,6	1	1,2	2,3
101-203	-21,2	-22,0	0,8	0,6	1	1,2	2,3
101-204	-25,9	-25,0	-0,9	0,3	1	1,0	2,1
101-205	-22,0	-22,0	0,0	0,3	1	1,0	2,1
101-206	-23,4	-22,5	-0,7	0,3	1	1,0	2,1
101-207	-21,2	-22,0	0,8	0,3	1	1,0	2,1
101-208	-27,0	-27,0	0,0	0,3	1	1,0	2,1
101-209	-33,6	-33,0	-0,6	0,3	1	1,0	2,1
101-210	-28,6	-28,5	-0,1	0,3	1	1,0	2,1
101-211	-36,4	-37,0	0,6	0,3	1	1,0	2,1
101-212	-37,7	-36,5	-1,2	0,4	1	1,1	2,1
101-213	-40,1	-39,0	-1,1	0,4	1	1,1	2,2
101-214	-38,8	-37,5	-1,3	0,4	1	1,1	2,2

Tab. 9.3 Porovnanie dvojitého určenia výškových úchyliet

Určené priestorové vzťahy a porovnanie s toleranciami sú prehľadne spracované v nasledujúcej tabuľke 9.4.

Zámerná priamka bola vedená podrobnými bodmi žeriavovej dráhy tak, aby opravy boli minimálne.

<i>Smerový a výškový priebeh zistený priestorovou polárnou metódou:</i>		
Popis	Zistená hodnota	Tolerancia podľa *
Max. rozdiel zisteného rozchodu od priemernej hodnoty	7 mm (medzi bodmi 106-206)	± 5 mm
Vodorovná úchylka priamosti koľajníc na celej dĺžke dráhy	Koľaj A: 101 = 12 mm 107 = -10 mm t.j. 22 mm Koľaj B: 201 = 15 mm 207 = -9 mm t.j. 24 mm	± 10 mm
Max. výškový rozdiel hlavy koľajníc vzhľadom k zrovnávacej rovine (bod 101)	-71 mm (bod 108)	± 10 mm
Max. výškový rozdiel oboch koľajníc v priečnom smere	- 44 mm (medzi bodmi 108-208)	± 10 mm
Max. výšková úchylka medzi dvoma podporami jednej vetvy	Koľaj A: medzi bodmi 106-107: 24 mm ($s_{106-107} = 10,011$ m) Koľaj B: medzi bodmi 201-202: 10 mm ($s_{201-202} = 4,983$ m)	2 mm na dĺžku 2 m
Vzdialenosť narážok od roviny kolmej k osi žeriavovej dráhy	Začiatok dráhy: 21 mm Koniec dráhy: 38 mm	10 mm **

Tab. č. 9.4: Zhodnotenie výsledkov určenia priestorových vzťahov

* ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy

** podľa ČSN 73 2611 Úchylky rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí

ZÁVER

V kapitole 6 bolo popísaných viacero metód, ktoré sa používajú na určenie priestorových vzťahov žeriavovej dráhy. V rámci mojej diplomovej práce bola žeriavová dráha zameriavaná dvojicou metód, ktoré sme následne mohli porovnať

Metóda zámernej priamky je jednoznačná, rýchla a presná. Avšak na dostatočnú kontrolu určenia vodorovných úchyliet je nutné priamo zamerať dĺžky rozchodov komparovaným pásmom. Z bezpečnostných dôvodov, vzhľadom na to, že predmetná žeriavová dráha bola v pomerne veľkej výške a rozchod dráhy až takmer 20 m, sme vzdialenosti rozchodov priamo nezmerali. Z uvedených dôvodov som na grafické znázornenie úchylov volila výsledky získané z merania totálnou stanicou. Porovnanie určenia vodorovných úchyliet je uvedené v kapitole 9.1.

Priestorová polárna metóda bola zvolená ako druhá metóda zamerania žeriavovej dráhy. Presnosť určenia priestorových vzťahov touto metódou vzrastie, pokiaľ bude meranie vykonané z dvoch stanovísk. Aby však bola dosiahnutá požadovaná presnosť, je nutné použiť prístroj vyššej presnosti. Obe uvedené podmienky boli dodržané, čím boli získané dostatočne presné výsledky. Priestorovou polárnou metódou boli určené ako smerové, tak aj výškové pomery žeriavovej dráhy.

Na určenie výškových pomerov sa tiež použila metóda geometrickej nivelácie. Táto metóda je rýchla, hoci body je nutné nivelovať dva krát. S využitím prístroja strednej triedy presnosti je potom splnená požadovaná presnosť. Porovnanie určenia výškových úchyliet je uvedené v kapitole 9.2. Z tabuľky č. 9.3 vyplýva, že výškové úchyly boli presnejšie určené priestorovou polárnou metódou, preto som tieto výsledky použila do grafického znázornenia.

Podľa tabuľky č. 9.4 je zrejmé, že dosiahnuté úchyly vo viacerých prípadoch presahujú dovolenú toleranciu. Tieto výsledky však nie sú ničím prekvapujúce vzhľadom na dokumentácie z predchádzajúceho zamerania, ktoré sme mali k dispozícii. Jednou z príčin môže byť aj nestabilné podložie pod halou, kde je umiestnená zameriavaná žeriavová dráha.

LITERATÚRA

1. ČSN 73 5130 Jeřábové dráhy. Praha : Český normalizační institut, 1994
2. ČSN 73 0212 Geometrická přesnost ve výstavbě. URČOVÁNÍ PŘESNOSTI MĚŘÍCÍCH PŘÍSTROJŮ, Část 8: Elektronické dálkoměry do 150 m, Praha : Český normalizační institut, 1994
3. ČSN 732611 Úchyly rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí. Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření. Praha, 1978.
4. Metodický návod pro určování prostorových vztahů jeřábových drah, Praha, 1978
5. Michalčák, O. – Kopáček, A. – Lukáč, Š. – Píš: *Inžinierska geodézia*. Bratislava, 1991.
6. Kyrinovič, P.: *Automatizované meranie geometrických parametrov žeriavových dráh. STU v Bratislave*. Nakladatelství STU, 2011.
7. Krumphanzl, V.: *Inžinierska geodézia*
8. Kyrinovič, P.: *Kontrola geometrických parametrov žeriavových dráh*. Katedra geodézie. SvF STU Bratislava.
9. Háša, P.: *Konečné řešení náhrady ČSN 73 2601 – provádění kontrol konstrukcí jeřábových drah po zavedení ČSN EN 1090-2*. 2012.
10. Vala, J. a kol.: *Královopolská strojírna Brno*. Pravda, 1989, Brno.
11. Švábenský, O. – Vitula, A. – Bureš, J.: *Inženýrská geodézie II - Návod ke cvičením*. ES VUT, 2006, Brno.
12. Bitterer, L.: *Geodézia*. ES ŽU, 2003.
13. Dziká, L.: *Určení prostorových vztahů jeřábové dráhy*. [Diplomová práce] Brno : Fakulta stavební VUT v Brně, Ústav geodézie, 2001.
14. Rojkovičová, M.: *Meranie a vyhodnotenie geometrických parametrov atypickej žeriavovej dráhy*. [Diplomová práce]. Bratislava : Stavebná fakulta STU, Katedra geodézie, 2001.
15. Štroner, M. – Urban, R. – Třasák, P.: *Zaměření obtížně dostupné jeřábové dráhy metodou volné sítě se dvěma stanovisky*. STAVEBNÍ OBZOR, 2/2011, s.60-64.
16. Novák, Z. – Šrom, J.: *Početní vyrovnaní deformací jeřábové dráhy*. GEODETICKÝ OBZOR, 1963, s. 65-67.
17. www.topcon.com
www.kralovopolska.cz

ZOZNAM VYTLAČENÝCH PRÍLOH

1. Určenie presnosti cyklickej chyby
2. Prepočet zámerných priamok vo všeobecnej polohe na priamky vzájomne rovnobežné
3. Charakteristiky presnosti podrobných bodov
4. Výkres č. 1: Smerové a výškové úchylky
5. Technická správa

ZOZNAM ELEKTRONICKÝCH PRÍLOH

1. Súčtová konštanta diaľkomera - spracovanie merania
2. Určenie rozdielu medzi hranolom a odrazným terčom pri meraní vzdialeností
3. Určenie cyklickej chyby
4. Skúška nivelačného prístroja
5. Meranie nivelácie
6. Spracovanie merania totálnou stanicou s protokolom určenia súradníc podrobných bodov
7. Záznamy z merania určovania súčtovej konštanty a rozdielu medzi hranolom a odrazným terčom pri meraní vzdialeností
8. Záznam z merania určovania cyklickej chyby
9. Záznam z merania žeriavovej dráhy Mostárna
10. Záznam z merania žeriavovej dráhy Mostárna - metóda zámernej priamky, nivelácia
11. Technická správa
12. Kalibračný list